

**UPAYA PENINGKATAN KUALITAS *WHEEL* DENGAN METODE  
*SIX SIGMA* DI PT. MESHINDO ALLOY WHEEL**

**SKRIPSI  
TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**EMILITA CHRISTY  
NIM. 145060700111009**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 25 Juli 2018

Mahasiswa



Emilita Christy

NIM. 145060700111009



**LEMBAR PENGESAHAN**

**UPAYA PENINGKATAN KUALITAS *WHEEL* DENGAN METODE  
SIX SIGMA DI PT. MESHINDO ALLOY WHEEL**

**SKRIPSI**

**TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**EMILITA CHRISTY**

**NIM. 145060700111009**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada  
tanggal 24 Juli 2018

**Dosen Pembimbing**

**Nasir Widha Setyanto, ST., MT.**  
**NIP. 19700914 200501 1 001**

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Teknik Industri**

**Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 19741115 200604 1 002**

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas hikmat, berkat, dan penyertaan-Nya yang telah dilimpahkan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Upaya Peningkatan Kualitas *Wheel* dengan Metode *Six Sigma* di PT. Meshindo Alloy Wheel”**. Penyusunan skripsi ini merupakan bagian dari proses memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Selain itu, skripsi ini diharapkan dapat bermanfaat bagi banyak pihak yang berkecimpung dalam bidang akademik terkait judul skripsi ini.

Semua bentuk usaha dan proses yang berhasil dilalui dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari peran pihak-pihak lain dalam bentuk dukungan, saran, motivasi, serta doa untuk penulis. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa syukur dan terima kasih yang sepatutnya diterima oleh:

1. Orangtua dan kakak yang telah senantiasa mendoakan dan mendukung selama masa penyusunan skripsi.
2. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
3. Bapak Nasir Widha Setyanto, ST., MT. sebagai Dosen Pembimbing atas kesediaannya membimbing, mengajarkan, mengarahkan, dan mendukung penulis selama masa pengerjaan skripsi.
4. Bapak Raditya Ardianwiliandri, ST., MMT. sebagai Dosen Pembimbing Akademik atas saran dan dukungan yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
5. Bapak dan Ibu Dosen, serta karyawan Jurusan Teknik Industri yang telah membagi ilmu akademik maupun non-akademik dan berbagai pengalaman hidup selama dalam dunia perkuliahan.
6. Semua pihak dari PT. Meshindo Alloy Wheel atas kesediaannya dalam menyediakan objek dan informasi yang dibutuhkan terkait pengerjaan skripsi.
7. Sahabat penulis, yaitu Anita, Dara, Dillon, Fadhila, Khalishah, Lidya, Mutia, Prita, dan Ratih, yang senantiasa memotivasi, mendoakan, dan menemani penulis selama pengerjaan skripsi.
8. Teman-teman terkasih, yaitu Aurel, Benhaldi, Charles, Dio, Euro, Fadhil, Galih, Ilyas, Merthina, Nanda, Nizham, Romy, Rozy, Septi, dan Sodik yang senantiasa menghibur dan mendukung selama masa sulit dan senang dalam pengerjaan skripsi.

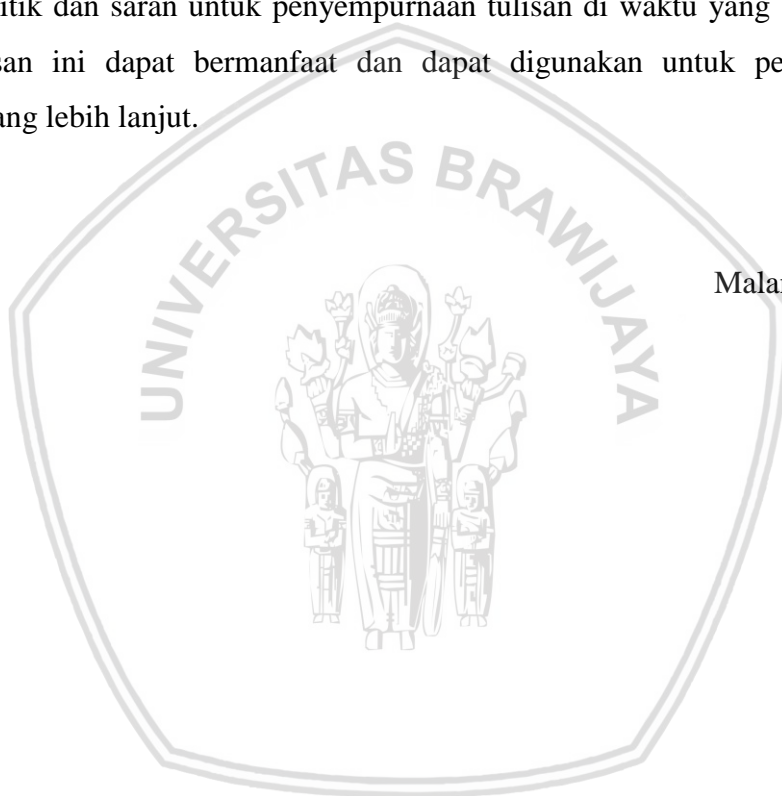


9. Seluruh bagian dari Yehezkiel 2014 Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas doa dan dukungan yang sangat membantu penulis dalam penyelesaian skripsi, serta kebersamaan dalam pelayanan selama menempuh pendidikan di bawah naungan Fakultas Teknik.
10. Seluruh bagian dari angkatan 2014 Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya atas dukungan, bantuan, dan kebersamaan selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna karena keterbatasan ilmu penulis dan kendala-kendala yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di waktu yang akan datang. Harapannya tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk penelitian dan pengembangan yang lebih lanjut.

Malang, Juli 2018

Penulis

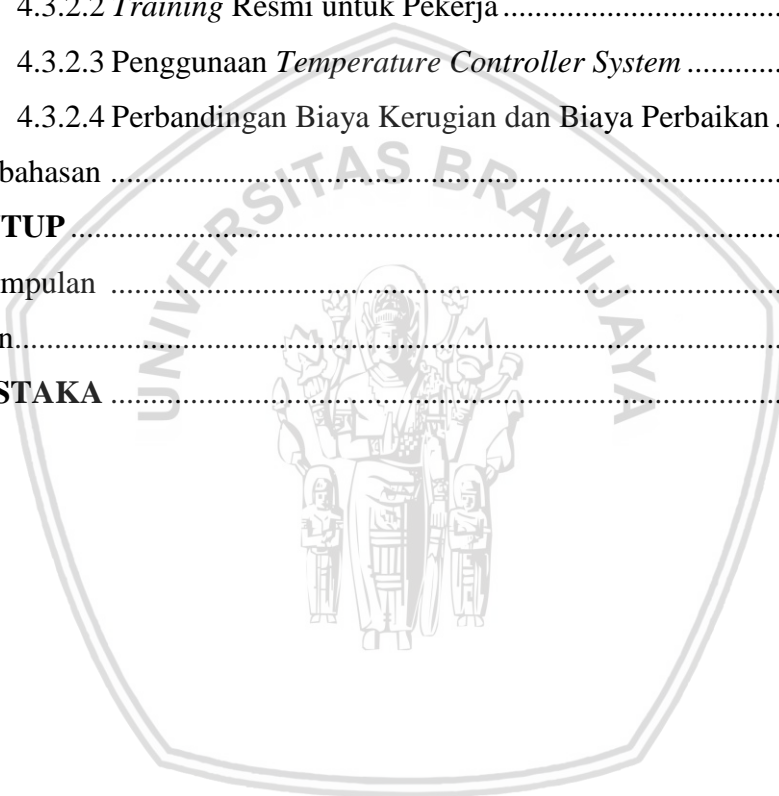


## DAFTAR ISI

<b>PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>RINGKASAN</b> .....	xi
<b>SUMMARY</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	5
1.3 Rumusan Masalah .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	5
1.6 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Penelitian Terdahulu .....	7
2.2 Produksi .....	9
2.2.1 Jenis Proses Produksi .....	9
2.3 Kualitas .....	9
2.4 Pengendalian Kualitas .....	10
2.4.1 Faktor-Faktor Pengendalian Kualitas .....	10
2.4.2 Perangkat Pengendalian Kualitas .....	11
2.4.2.1 <i>Flow Chart</i> .....	11
2.4.2.2 Analisis Pareto .....	11
2.4.2.3 <i>Control Chart</i> .....	12
2.4.2.4 <i>Cause-Effect Diagram</i> .....	15
2.5 Metode <i>Six Sigma</i> .....	15
2.5.1 Siklus DMAIC <i>Six Sigma</i> .....	16
2.5.1.1 <i>Define</i> .....	16
2.5.1.1.1 <i>Critical to Quality</i> .....	16
2.5.1.2 <i>Measure</i> .....	17
2.5.1.2.1 <i>Defect Per Milion Objects</i> .....	17
2.5.1.2.2 <i>Sigma Level</i> .....	18

2.5.1.2.3 Analisis Kapabilitas Proses .....	18
2.5.1.3 <i>Analyze</i> .....	19
2.5.1.4 <i>Improve</i> .....	19
2.5.1.5 <i>Control</i> .....	19
2.6 <i>Failure Mode Effect Analysis</i> .....	19
2.7 <i>Wheel</i> .....	21
2.7.1 Jenis <i>Wheel</i> Berdasarkan Bentuk .....	22
2.7.2 Jenis <i>Wheel</i> Berdasarkan Bahan .....	22
2.8 Pengecoran Logam .....	22
2.8.1 Industri Pengecoran Logam .....	23
2.8.2 Pemadatan Logam .....	23
2.8.3 Penyusutan .....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	25
3.1 Jenis Penelitian .....	25
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	25
3.3 Langkah-Langkah Penelitian .....	25
3.3.1 Tahap Pendahuluan .....	25
3.3.2 Tahap Pengumpulan Data .....	26
3.3.3 Tahap Pengolahan Data .....	27
3.3.4 Tahap Analisa dan Pembahasan .....	27
3.3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran .....	28
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	31
4.1 Gambaran Umum Obyek Penelitian .....	31
4.1.1 Profil Perusahaan .....	31
4.1.2 Proses Produksi Perusahaan .....	32
4.1.3 Visi dan Misi Organisasi .....	41
4.1.4 Struktur Organisasi .....	41
4.2 Pengolahan Data .....	41
4.2.1 Tahap <i>Define</i> .....	42
4.2.1.1 Proses Produksi Departemen <i>Casting</i> .....	42
4.2.1.2 Identifikasi <i>Critical To Quality</i> (CTQ) .....	43
4.2.1.3 Identifikasi Jenis Cacat Produk .....	43
4.2.2 Tahap <i>Measure</i> .....	46

4.2.2.1 Pengendalian Kualitas Proses Statistik.....	46
4.2.2.2 Perhitungan Nilai DPMO dan Level Sigma .....	52
4.2.2.3 Perhitungan Kapabilitas Proses .....	53
4.3 Analisis dan Pembahasan .....	54
4.3.1 Tahap Analyze.....	54
4.3.1.1 Diagram Sebab Akibat.....	54
4.3.1.2 <i>Failure Mode Effect Analysis</i> .....	61
4.3.2 Tahap <i>Improve</i> .....	65
4.3.2.1 Desain <i>Windshield</i> untuk <i>Furnace</i> .....	65
4.3.2.2 <i>Training</i> Resmi untuk Pekerja .....	68
4.3.2.3 Penggunaan <i>Temperature Controller System</i> .....	71
4.3.2.4 Perbandingan Biaya Kerugian dan Biaya Perbaikan .....	73
4.4 Pembahasan .....	74
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	77
5.1 Kesimpulan .....	77
5.2 Saran.....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	81







Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Persentase Produk Cacat Per Departemen .....	2
Tabel 1.2	Jumlah Cacat Produk MS 626 pada Departemen Casting .....	4
Tabel 2.1	Penelitian Terdahulu .....	8
Tabel 2.2	Tabel Six Sigma Distribusi Normal.....	18
Tabel 2.3	Kriteria Penilaian <i>Severity</i> .....	20
Tabel 2.4	Kriteria Penilaian <i>Occurence</i> .....	20
Tabel 2.5	Kriteria Penilaian <i>Detection</i> .....	20
Tabel 4.1	<i>Critical to Quality</i> dan Spesifikasi .....	43
Tabel 4.2	Jenis Cacat Produk pada <i>Wheel</i> MS 626 .....	45
Tabel 4.3	Data Cacat Susut <i>Spoke</i> Bulan Oktober 2017 sampai Maret 2018.....	47
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan <i>P-chart</i> Susut <i>Spoke</i> .....	48
Tabel 4.5	Data Cacat Susut <i>Face</i> Bulan Oktober 2017 sampai Maret 2018 .....	49
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan <i>P-chart</i> Susut <i>Face</i> .....	48
Tabel 4.7	Data Cacat Susut <i>Rim</i> .....	50
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan <i>P-chart</i> Cacat Susut <i>Rim</i> .....	51
Tabel 4.9	Nilai DPMO dan Level Sigma.....	53
Tabel 4.10	Kriteria Penilaian Modifikasi <i>Severity</i> (Keparahan).....	61
Tabel 4.11	Kriteria Penilaian Modifikasi <i>Occurrence</i> (Kejadian) .....	62
Tabel 4.12	Kriteria Penilaian Modifikasi <i>Detection</i> (Deteksi) .....	63
Tabel 4.13	FMEA Cacat Susut .....	64
Tabel 4.14	Rekap hasil perhitungan RPN Tertinggi.....	65
Tabel 4.15	Sifat Bahan Kaca Keramik .....	67
Tabel 4.16	Bentuk dan fitur <i>Temperature Controller System</i> .....	73



Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Proses produksi <i>wheel</i> .....	2
Gambar 2.1	Contoh <i>flow chart</i> .....	11
Gambar 2.2	Contoh diagram pareto.....	12
Gambar 2.3	Contoh <i>control chart</i> .....	13
Gambar 2.4	Contoh diagram sebab akibat.....	15
Gambar 2.5	Hubungan six sigma dan perbaikan proses .....	16
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian .....	29
Gambar 4.1	Aluminium ingot.....	33
Gambar 4.2	Tungku pembakaran ( <i>Furnace</i> ) .....	33
Gambar 4.3	Proses pengujian <i>spectrometer</i> .....	34
Gambar 4.4	Mesin <i>casting gravity</i> .....	34
Gambar 4.5	Mesin <i>casting tilting</i> .....	35
Gambar 4.6	Stasiun kerja <i>continuous heat treatment</i> .....	35
Gambar 4.7	Stasiun kerja <i>sand blasting</i> .....	36
Gambar 4.8	Proses CNC 1.....	36
Gambar 4.9	Proses CNC 2.....	37
Gambar 4.10	Proses <i>machining center</i> .....	37
Gambar 4.11	Proses <i>balancing</i> .....	37
Gambar 4.12	Proses pengujian kebocoran udara.....	38
Gambar 4.13	Proses <i>pretreatment</i> .....	38
Gambar 4.14	Proses pelapisan bubuk.....	39
Gambar 4.15	Proses pengecatan .....	39
Gambar 4.16	Proses inspeksi akhir.....	40
Gambar 4.17	Stasiun kerja <i>packing</i> .....	40
Gambar 4.18	Struktur organisasi PT. Meshindo Alloy Wheel .....	41
Gambar 4.19	Urutan proses produksi Departemen <i>Casting</i> .....	42
Gambar 4.20	<i>Wheel</i> bocor .....	43
Gambar 4.21	<i>Wheel</i> dengan susut <i>rim</i> .....	44
Gambar 4.22	<i>Wheel</i> dengan susut <i>hub</i> .....	44

Gambar 4.23	<i>Wheel dengan susut spoke</i> .....	45
Gambar 4.24	<i>Wheel dengan Susut Face</i> .....	45
Gambar 4.25	Diagram pareto jenis-jenis cacat produk .....	46
Gambar 4.26	<i>P-chart</i> cacat susut <i>spoke</i> .....	48
Gambar 4.27	<i>P-chart</i> cacat susut <i>face</i> .....	50
Gambar 4.28	<i>P-chart</i> cacat susut <i>rim</i> .....	52
Gambar 4.29	Diagram sebab akibat cacat susut .....	55
Gambar 4.30	Susut <i>Spoke</i> .....	55
Gambar 4.31	Susut <i>Rim</i> .....	55
Gambar 4.32	Susut <i>face</i> .....	56
Gambar 4.33	<i>Furnace windshield</i> tampak atas .....	66
Gambar 4.34	<i>Furnace windshield</i> tampak depan .....	66
Gambar 4.35	<i>Furnace windshield</i> tampak samping .....	66
Gambar 4.36	<i>Furnace windshield</i> tampak 3 dimensi .....	67
Gambar 4.37	Aplikasi <i>furnace windshield</i> .....	67
Gambar 4.38	Silabus <i>Training Metallurgy In Casting Process</i> .....	69
Gambar 4.39	Silabus <i>Training Spray coating</i> .....	70
Gambar 4.40	Cara Kerja <i>Temperature Controller System</i> .....	72



## RINGKASAN

**Emilita Christy**, Jurusan Teknk Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2018, Upaya Peningkatan Kualitas Wheel dengan Metode *Six Sigma* di PT. Meshindo Alloy Wheel, Dosen Pembimbing: Nasir Widha Setyanto.

PT. Meshindo Alloy Wheel adalah salah satu perusahaan yang memproduksi *wheel* di Indonesia. Proses produksi pada perusahaan ini dilakukan oleh tiga departemen, yaitu Departemen *Casting*, Departemen *Machining*, dan Departemen *Painting*. Departemen *Casting* adalah departemen yang mengerjakan proses paling kritis, yaitu pengecoran. Proses pengecoran menghasilkan sebuah produk *wheel* dari logam cair yang dicetak sesuai bentuk yang diharapkan. Hasil dari proses pengecoran sangat mempengaruhi keberhasilan proses-proses produksi berikutnya, oleh karena itu proses pengecoran harus mampu menghasilkan produk sebaik mungkin. Namun, saat ini proses pengecoran masih banyak menghasilkan produk cacat. Produk cacat akan sangat merugikan perusahaan, terutama untuk *wheel* tipe MS 626 karena tipe ini diproduksi untuk jangka panjang. Oleh karena itu, dibutuhkan adanya peningkatan kualitas proses yang bertujuan untuk menurunkan jumlah produk cacat. Penelitian ini akan terfokus pada produk cacat *wheel* MS 626 di proses pengecoran.

Six Sigma merupakan metode dalam meningkatkan kualitas proses produksi. Dengan menggunakan metode ini, penelitian terdiri dari empat tahap, yaitu *define*, *measure*, *analyze*, dan *improve*. Pada tahap *define*, dilakukan identifikasi proses kritis, CTQ (*Critical To Quality*), dan jenis cacat prioritas menggunakan diagram pareto. Pada tahap *measure*, dilakukan pembuatan *p-chart*, perhitungan nilai DPMO, level sigma, dan kapabilitas proses. Kemudian, yang dilakukan pada tahap *analyze* adalah menyelidiki akar penyebab cacat dengan *root cause analysis* dan mencari kegagalan yang paling beresiko dengan FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*). Tahap yang terakhir yaitu tahap *improve*, dibuat rancangan perbaikan untuk menangani penyebab cacat. Langkah terakhir yang dilakukan adalah membandingkan biaya perbaikan dengan biaya kerugian akibat produk cacat.

Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat dua karakteristik pada *wheel* yang merupakan *critical to quality*, yaitu bagian utama produk tercetak dengan sempurna dan produk memiliki kerapatan yang sempurna. *Wheel* yang dikatakan cacat adalah yang tidak dapat memenuhi karakteristik tersebut. Hasil identifikasi jenis cacat prioritas yaitu susut *spoke*, susut *face*, dan susut *rim*. Melalui *P-Chart* dapat diketahui bahwa proses belum stabil karena terdapat nilai proporsi cacat yang melebihi batas kendali. Perhitungan nilai DPMO menghasilkan nilai sebesar 29.326 untuk susut *spoke*, 10,293 untuk susut *rim*, dan 15.766 untuk susut *face*. Kemudian, nilai sigma yang didapat yaitu 3,39 untuk susut *spoke*, 3,82 untuk susut *rim*, dan 3,65 untuk susut *face*. Nilai kapabilitas proses pada perusahaan ini adalah sebesar 1,206. Hal itu berarti proses masih kurang baik dan memerlukan perbaikan. Penyelidikan dengan *root cause analysis* menunjukkan bahwa penyebab cacat berasal dari empat faktor yaitu manusia, mesin, metode, dan lingkungan. Analisa lebih lanjut dengan FMEA menghasilkan penyebab kegagalan paling beresiko, yaitu logam cair terkena angin, pekerja kurang teliti dalam pemberian *coating*, pekerja salah menentukan waktu pendinginan, dan suhu ruangan tidak stabil. Oleh karena itu, rekomendasi perbaikan yang diberikan antara lain desain *windshield* untuk *furnace*, *temperature controller system*, *training "metallurgy in casting process"* dan *"spray coating"*.

**Kata Kunci:** Peningkatan Kualitas, *Wheel*, Pengecoran Logam, Six Sigma, *Failure Mode Effect Analysis*, *P-Chart*, Diagram Sebab Akibat



Halaman ini sengaja dikosongkan

## SUMMARY

**Emilita Christy**, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, July 2018, Wheel Quality Improvement Efforts using Six Sigma Method at PT. Meshindo Alloy Wheel, Research Supervisor: Nasir Widha Setyanto.

PT. Meshindo Alloy Wheel is one of the companies that produces *wheel* in Indonesia. The production process of the company was carried out by three departments, namely the Department of Casting, Department of Machining, and the Department of Painting. Casting Department is the department doing the most critical process, namely casting. The casting process produces wheel of molten metal which are printed the expected form. The results of the casting process greatly affect the success of subsequent production processes, therefore the casting process must be able to produce the best possible product. However, the casting process is currently produce plenty of defective products. Defective product will be very detrimental to the company, mainly for wheel-type MS 626 because of this type are produced for the long term. Therefore, it is necessary to improve the quality process aiming to reduce the number of defective products.

Six Sigma is a method to improve the quality of the production process. By using this method, the study consists of four stages: define, measure, analyze, and improve. In the define phase, there are the identification of critical processes, CTQ (Critical To Quality), and priority the type of defect using Pareto diagram. In the measure phase, conducted by making p-chart, calculation of the value of DPMO, sigma levels and process capability. Then, carried on the analyze phase is investigating root cause of defect with root cause analysis and the search for the most at risk of failure with FMEA (Failure Mode Effect Analysis). The last stage is the improve phase, created the design of improvements to address the causes of defects. The last step is to compare the cost of repairs to the cost of damages due to defective products.

This study shows that there are two characteristics in *wheel* that is critical to quality, which are product's main parts are perfectly printed and the product has a perfect density. Defective wheel is one that can not meet these characteristics. The priority types of defects are spoke shrinkage, face shrinkage, and rim shrinkage. P-chart shows that the process is instable because there are defect proportion values that exceed the defect control limit. DPMO value calculation results 29.326 to spoke shrinkage, 10.293 for the rim shrinkage, and 15.766 for the face shrinkage. Then, the sigma level obtained is 3,39 to spoke shrinkage, 3,82 to rim shrinkage, and 3,65 face shrinkage. Process capability is amounted to 1.206. It means that the process is poor and needs improvement. Investigation with root cause analysis showed that the cause of the defect comes from four factors: human, machine, method, and environment. Further analysis with FMEA results the most risky failure, namely molten metal exposed to the wind, the workers less careful in giving coatings, workers incorrectly determines the cooling time, and the room temperature is instable. Therefore, recommendations for improvement given are design of furnace windshield, temperature controller system, training "in casting metallurgy process" and "spray coating".

**Keywords:** Quality Improvement, Wheel, Metal Casting, Six Sigma, Failure Mode Effect Analysis, P-Chart, Cause and Effect Diagram



Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB I PENDAHULUAN

Sebuah penelitian dilakukan atas dasar diperlukannya pengembangan pengetahuan terkait suatu fenomena yang terjadi di sekitar kita. Penelitian dikatakan layak untuk dilakukan apabila memiliki latar belakang, rumusan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian yang jelas. Dalam melakukan penelitian, diperlukan pemahaman tentang hal-hal tersebut. Bab ini akan menjelaskan latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan, tujuan, serta manfaat penelitian yang menjadi dasar dilakukannya penelitian.

### 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri, persaingan merupakan hal yang sangat wajar terjadi. Namun, seiring dengan perkembangan zaman, semua orang berlomba-lomba untuk semakin maju dalam hal ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga hal ini pun berdampak pada persaingan dalam dunia industri yang menjadi semakin ketat. Oleh karena itu, pelaku industri harus terus melakukan peningkatan kinerja dan perbaikan kualitas produk yang dihasilkan untuk tetap bertahan dan bahkan menang dalam persaingan. Peningkatan kinerja dan perbaikan kualitas ini nantinya berdampak pada kepuasan pelanggan.

Peningkatan kinerja dan perbaikan kualitas dirasakan perlu oleh semua industri dalam berbagai bidang, baik jasa maupun barang. Salah satu industri barang yang berkembang saat ini yaitu industri otomotif. Kendaraan menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi orang-orang dari berbagai kalangan karena perkembangan zaman menuntut manusia untuk melakukan aktivitas dengan cepat. Hal tersebut menyebabkan adanya peningkatan kebutuhan atas kendaraan bermotor.

Peningkatan kebutuhan kendaraan bermotor mempengaruhi permintaan terhadap *wheel*. *Wheel* berfungsi untuk menyangga beban kendaraan pada bagian roda. Hal tersebut yang menyebabkan industri otomotif sangat terkait dengan produk *wheel*. Oleh karena itu, *wheel* sangat dibutuhkan oleh industri otomotif di seluruh dunia.

Salah satu perusahaan di Indonesia yang menghasilkan produk *wheel* yaitu PT. Meshindo Alloy Wheel. Perusahaan ini beroperasi lima hari dalam seminggu, dengan jam kerja selama 9 jam. Aktivitas utama yang dilakukan dalam perusahaan yaitu memproduksi *wheel* untuk berbagai jenis mobil. Proses produksi yang dilakukan dalam membuat *wheel* mobil pada PT. Meshindo Alloy Wheel terdiri atas tiga proses utama, yaitu *casting*,



*machining*, dan *painting*. Urutan proses produksi *wheel* tersebut dapat digambarkan pada Gambar 1.1 berikut ini.



Gambar 1.1 Proses produksi *wheel*

PT. Meshindo Alloy Wheel memiliki tiga departemen utama yang dibagi berdasarkan proses-proses produksi utama yang dilakukannya. Tiga departemen tersebut yaitu Departemen *Casting*, Departemen CNC, dan Departemen *Painting*. Departemen *Casting* merupakan bagian pertama dalam proses produksi *wheel*. Pada departemen ini *raw material*, yaitu ingot A356.1, pertama kali masuk ke dalam proses. *Casting* adalah proses pencetakan cairan aluminium menjadi produk *wheel* setengah jadi. *Wheel* setengah jadi kemudian memasuki departemen CNC. Pada departemen CNC, proses yang dilakukan sebagian besar adalah *machining*. Setelah melalui proses yang terdapat di departemen CNC, *wheel* memasuki departemen *painting*. Pada proses *painting* terdapat dua jenis cat, yaitu *wet color* dan *clear painting*. *Wet color* adalah cat yang memberikan warna, sedangkan *clear painting* tidak memberikan warna. Departemen *Painting* menangani produk hingga proses *packaging*.

Setiap departemen mengerjakan proses produksi yang berbeda, namun saling terhubung karena terikat pada urutan proses produksi. Masing-masing departemen perlu memastikan bahwa produk yang diterima dan diserahkan ke departemen berikutnya telah sesuai spesifikasi. Berdasarkan kepentingan tersebut, maka diberlakukan inspeksi di masing-masing departemen. Tujuan dari inspeksi ini adalah untuk mencari produk cacat dan mencegahnya masuk ke departemen selanjutnya. Berdasarkan data yang diperoleh dari inspeksi pada setiap departemen, diketahui jumlah produk cacat pada masing-masing departemen pada periode Oktober 2017 sampai Maret 2018 sebagai berikut.

Tabel 1.1  
Persentase Produk Cacat Per Departemen

Departemen	Jumlah Produksi (unit)	Jumlah Produk Cacat (Unit)	Persentase Produk Cacat
<i>Casting</i>	263.724	29.496	11,2%
CNC	209.098	10.018	4,8%
<i>Painting</i>	200.187	8.210	4,1%

Sumber: PT. Meshindo Alloy Wheel

Pada Tabel 1.1 dapat diketahui bahwa persentase jumlah produk cacat masih sangat besar. Pada departemen *casting* persentase cacat yang dihasilkan sebesar 11,2% dengan jenis cacat yang berupa data atribut. Departemen CNC menghasilkan produk cacat sebanyak 4,8%

dengan jenis cacat yang terdiri dari data variabel dan data atribut. Kemudian, pada departemen *painting* jumlah cacat yang terjadi sebesar 4,1% dengan jenis cacat yang berupa data atribut. Jumlah tersebut adalah jumlah cacat yang sangat besar untuk diizinkan terjadi pada perusahaan bertaraf internasional dan melakukan banyak kerjasama dengan industri otomotif lain. Apabila dibiarkan, banyaknya produk cacat akan sangat merugikan perusahaan.

Kerugian dari segi waktu yaitu keadaan di mana waktu yang seharusnya dapat digunakan untuk memproduksi lebih banyak produk harus digunakan untuk pengerjaan ulang produk cacat. Kerugian biaya karena proses yang dilakukan bertambah tetapi tidak menghasilkan tambahan keuntungan bagi perusahaan. Selain itu, kerugian dari segi tenaga kerja yang harus bekerja lebih keras untuk pengerjaan ulang produk cacat. Jika hal ini dibiarkan, terdapat kemungkinan bahwa hal ini akan mengancam kemampuan bersaing perusahaan dalam jangka waktu yang panjang. Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan perbaikan atas banyaknya produk yang cacat.

Berdasarkan Tabel 1.1 dapat diketahui pula bahwa jumlah produk cacat terbesar terjadi di Departemen *Casting* dengan jumlah 29.496 unit atau sebesar 11,2% dari total produk cacat pada Oktober 2017 sampai Maret 2018. Oleh karena itu, proses produksi pada Departemen *Casting* akan menjadi fokus pada penelitian ini. Dengan mengendalikan kualitas proses produksi pada Departemen *Casting*, maka diharapkan dapat mengurangi jenis cacat produk yang paling sering atau paling banyak dihasilkan. Selain itu, Departemen *Casting* merupakan departemen yang mengerjakan proses awal pada produksi, sehingga dengan adanya perbaikan proses produksi sejak awal, diharapkan dapat menekan biaya perbaikan untuk proses-proses berikutnya dan mencegah cacat lolos ke proses berikutnya.

PT. Meshindo Alloy Wheel memproduksi banyak tipe *wheel* untuk memenuhi permintaan pelanggan. Tipe *wheel* yang diproduksi setiap bulannya berbeda-beda. Tipe-tipe *wheel* yang diproduksi oleh PT. Meshindo Alloy Wheel mayoritas bersifat dependen terhadap permintaan pelanggan, sehingga terdapat banyak tipe *wheel* yang berbeda-beda setiap bulannya. Namun, terdapat satu tipe *wheel* yang diproduksi secara kontinyu, yaitu *wheel* dengan tipe MS 626. *Wheel* tipe MS 626 ini akan menjadi produk yang difokuskan pada penelitian ini. Tipe *wheel* yang sering diproduksi akan memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap jumlah produk cacat pada produksi jangka panjang. Oleh karena itu, peningkatan kualitas perlu difokuskan pada *wheel* tipe MS 626.

Pada Departemen *Casting*, jenis cacat diidentifikasi dengan inspeksi secara visual. Oleh karena itu, jenis data cacat yang terdapat pada departemen ini merupakan data atribut. Untuk

dapat mengetahui jumlah cacat pada Departemen *Casting* dengan lebih jelas, maka berikut ini akan ditampilkan jumlah cacat yang terjadi pada Departemen *Casting* untuk *wheel* tipe MS 626 selama periode Oktober 2017 sampai Maret 2018.

Tabel. 1.2

Jumlah Cacat Produk MS 626 pada Departemen *Casting*

Bulan	Jumlah Produk Cacat	Jumlah Produksi	Persentase
Oktober	454	6881	6,60%
November	347	6006	5,78%
Desember	196	2561	7,65%
Januari	105	1980	5,30%
Februari	126	2807	4,49%
Maret	248	4248	5,84%

Sumber: PT. Meshindo Alloy Wheel

Berdasarkan data pada Tabel 1.2 dapat diketahui bahwa setiap bulannya pada Departemen *Casting* masih dihasilkan produk MS 626 yang cacat. Jumlah produk cacat tersebut dapat merugikan perusahaan secara signifikan karena produk MS 626 diproduksi secara kontinyu pada perusahaan ini. Produk cacat menimbulkan kerugian bagi perusahaan dari berbagai aspek, salah satunya adalah biaya. Proses produksi dapat berjalan karena salah satu faktor yang sangat penting, yaitu uang. Ketika proses produksi menghasilkan produk cacat, maka biaya yang digunakan untuk proses tersebut menjadi sia-sia. Tidak hanya itu, bahkan produk cacat juga menimbulkan adanya biaya tambahan untuk pengerjaan ulang.

Saat ini, PT. Meshindo Alloy Wheel telah melakukan beberapa upaya dalam hal pengendalian kualitas. Namun, upaya tersebut belum optimal karena masih ditemukannya banyak cacat pada produk. Oleh karena itu, dirasa perlu untuk dilakukannya penelitian terhadap masalah pengendalian kualitas untuk mengurangi produk cacat pada PT. Meshindo Alloy Wheel. Penelitian mengenai pengendalian kualitas ini dilakukan dengan menggunakan metode *Six sigma*.

*Six sigma* adalah sebuah cara yang digunakan untuk meningkatkan kualitas dengan menurunkan cacat produk (Andian, 2005). Kualitas yang baik dapat diperoleh dengan mengelola sumber daya dan proses dengan baik. *Six sigma* dapat digunakan dalam setiap bagian dalam produksi dan dapat membantu dalam mengukur apakah sumber daya dan proses telah terkelola dengan baik, sehingga dapat mencapai kualitas yang lebih baik. *Six sigma* memiliki siklus yang terdiri atas beberapa tahap, yaitu *define*, *measure*, *analyze*, *improve*, dan *control*, atau dikenal dengan siklus DMAIC. Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat membantu perusahaan dalam meningkatkan kualitas hasil produksi dengan memberikan rekomendasi perbaikan proses produksi pada PT. Meshindo Alloy Wheel.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang tertulis sebelumnya, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah yang terdapat pada PT. Meshindo Alloy Wheel sebagai berikut.

1. Jumlah produk cacat yang dihasilkan dari proses produksi besar.
2. Upaya yang dilakukan dalam menurunkan produk cacat yang dihasilkan belum optimal.

## 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan masalah yang terdapat pada PT. Meshindo Alloy Wheel sebagai berikut.

1. Apa saja karakteristik produk yang merupakan CTQ (*Critical to Quality*)?
2. Berapa nilai sigma dan DPMO pada kinerja produksi saat ini?
3. Bagaimana kapabilitas proses (Cp) produksi?
4. Apa akar penyebab terjadinya cacat pada produk?
5. Apa rekomendasi perbaikan yang perlu diberikan untuk meningkatkan nilai sigma?

## 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah, antara lain:

1. Penelitian dilakukan di departemen *casting*.
2. Penelitian dilakukan untuk *wheel* dengan tipe MS 626
3. Penelitian hanya sampai pada tahap *improve* dari siklus DMAIC.

## 1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mencapai beberapa tujuan berikut.

1. Mengidentifikasi karakteristik kunci yang berpengaruh langsung terhadap kepuasan pelanggan.
2. Mengetahui nilai sigma dan DPMO pada kinerja produksi saat ini.
3. Menghitung kapabilitas proses produksi saat ini.
4. Mengidentifikasi faktor dan akar penyebab cacat pada produk.
5. Memberikan rekomendasi perbaikan pada proses produksi di PT. Meshindo Alloy Wheel.

### 1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai sigma dan kapabilitas proses sehingga dapat menjadi bahan evaluasi.
2. Mengetahui faktor yang menjadi penyebab terjadinya cacat pada produk *wheel*.
3. Mengetahui tindakan perbaikan yang perlu dilakukan untuk meningkatkan kemampuan proses produksi pada departemen *casting* di PT. Meshindo Alloy Wheel.
4. Menurunkan variasi hasil produksi pada departemen *casting* di PT. Meshindo Alloy Wheel.





## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Informasi-informasi dari penelitian yang sebelumnya telah terlebih dahulu dilakukan diperlukan sebagai referensi untuk arah pengembangan penelitian dalam melakukan penelitian ini. Penelitian terdahulu mengenai pengendalian kualitas dengan metode Six Sigma sebagai berikut.

1. Javadhusen Malek dan Darshak Desai (2015) meneliti tentang bagaimana meningkatkan tingkat produktivitas dan mengurangi *rejection/ rework* yang terjadi di perusahaan yang memproduksi rantai, klip, dan pin dengan *pressure die casting* sebagai proses pertama. Metode yang digunakan adalah Six Sigma dengan siklus DMAIC (*define, measure, analyze, improve, dan control*). Pada tahap *define*, diagram SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*) digunakan untuk menggambarkan awal dan akhir tiap proses secara lebih jelas dan CTQ *tree* untuk mengidentifikasi *critical quality requirement*. Pada tahap *measure*, mengukur kemampuan proses menggunakan *software* Minitab 17 dan peta kendali P *chart*. Pada tahap *analyze*, dilakukan analisa menggunakan *cause effect diagram* dan *matrix* untuk mencari sebab masalah dan kemudia memprioritaskan penyebab tersebut, regresi dan *Why-Why analysis* menjadi alat bantu dalam memvalidasi kemungkinan penyebab masalah, Hasil dari penelitian ini berupa tindakan yang harus dilakukan dalam bentuk SOP dan setelah diimplementasikan menghasilkan naiknya nilai sigma dan penurunan tingkat *reject*.
2. Manohar C. dan Balakrishna A. (2015) melakukan penelitian di sebuah pabrik *wheel* dengan tujuan untuk mengurangi jumlah produk cacat dan meningkatkan produktivitas. Penelitian terfokus pada proses *casting wheel*. Pada objek penelitian, jenis cacat yang diselesaikan yaitu retak, tercampur pasir, dan tercampur grafit. Metode yang digunakan adalah six sigma dengan siklus DMAIC. Pada tahap *define*, ditentukan batasan penelitian, rumusan masalah, tujuan proyek six sigma, dan *Critical To Quality*. Pada tahap *measure*, dilakukan analisa pareto untuk mengetahui jenis cacat yang kritis, kemudian melanjutkan jenis cacat tersebut ke tahap berikutnya. Pada tahap *analyze*, dilakukan analisa kapabilitas menggunakan *binomial capability analysis*. Kemudian, dilakukan juga analisa sebab-akibat menggunakan diagram *fishbone*. Pada

tahap *improve*, ditentukan rencana perbaikan yang perlu dilakukan untuk mengurangi jumlah cacat pada proses *cast wheel*. Rencana perbaikan tersebut, diimplementasikan pada tahap *control*, sehingga menghasilkan penurunan jumlah cacat produk dari 1,64% menjadi 1,45% dan peningkatan level sigma dari 3,635 menjadi 3,68.

3. Sri Indrawati dan M. Ridwansyah (2015) melakukan penelitian tentang peningkatan kualitas berkelanjutan pada industri bijih besi dengan tujuan meningkatkan kapabilitas proses manufaktur. Penelitian dilakukan dengan metode Lean Six Sigma. Pada tahap *define*, dilakukan analisa terhadap *waste* yang menyebabkan tidak tercapainya target kuantitas produksi. Kemudian, mengevaluasi kapabilitas proses produksi pada tahap *measure*, dengan menghitung besar *waste*, DPMO, kapabilitas proses. Pada tahap *analyze*, menggunakan metode FMEA untuk menganalisa *waste* dan cacat yang dihasilkan, untuk kemudian menjadi dasar pengembangan program tindakan perbaikan. Penelitian ini menghasilkan beberapa rekomendasi tindakan perbaikan.
4. Penelitian ini (2018) membahas tentang pengendalian kualitas proses produksi untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. Objek pada penelitian ini yaitu produk *wheel* yang dihasilkan oleh proses produksi di PT. Meshindo Alloy Wheel. Penelitian ini dilakukan dengan metode Six Sigma dengan siklus DMAI dan bertujuan mengurangi jumlah cacat yang terjadi pada proses produksi *wheel*. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah berkurang produk cacat yang dihasilkan perusahaan melalui pemberian rekomendasi perbaikan.

Pada Tabel 2.1 dipaparkan mengenai objek, metode, dan hasil dari penelitian terdahulu. Pemaparan ini dilakukan untuk membandingkan masing-masing penelitian yang pernah dilakukan, sehingga dapat diketahui letak perbedaan dan bagaimana pengembangan yang terdapat di masing-masing penelitian.

Tabel 2.1  
Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Javadhusen Malek, Darshak Desai (2015)	Proses produksi rantai, klip, dan pin di perusahaan India	DMAIC, CTQ <i>tree</i> , SIPOC, P <i>chart</i> , <i>cause effect diagram &amp; matrix</i> , regresi, <i>Why-Why matrix</i> .	SOP tindakan perbaikan yang menyebabkan kenaikan nilai sigma dan penurunan tingkat <i>rejection</i>
2.	Manohar C. Dan Balakrishna (2015)	Pabrik <i>wheel</i>	DMAIC, Analisa Pareto, Binomial <i>Capability Analysis</i> , <i>Fishbone diagram</i> .	Penurunan jumlah cacat dan peningkatan level sigma.

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
3.	Sri Indawati, M. Ridwansyah (2015)	Industri bijih besi	DMAI, FMEA, Lean Manufacturing	Rekomendasi perbaikan untuk mengurangi <i>waste</i>
4.	Penelitian ini (2018)	Kualitas Proses Produksi <i>wheel</i> di PT. Meshindo Alloy Wheel	Six Sigma, P-chart, RCA, FMEA	Rekomendasi perbaikan untuk proses produksi <i>wheel</i>

## 2.2 Produksi

Menurut Assauri (2008), produksi merupakan suatu proses yang mengubah *input* yang kurang bernilai menjadi suatu *output* yang lebih bernilai, di mana pada proses ini melibatkan segala sesuatu yang dapat menunjang dihasilkannya *output* yang dapat berupa barang maupun jasa.

### 2.2.1 Jenis Proses Produksi

Pada sistem produk terdapat tiga jenis proses produksi menurut Assauri (2008), yaitu:

#### 1. *Continuous Process*

Sebuah proses produksi yang bersifat berkelanjutan, dimana alat-alat yang menunjang produksi tersusun dengan menyesuaikan urutan proses produksi, sehingga aliran *raw material* telah memiliki standar.

#### 2. *Intermittent Process*

Sebuah proses produksi yang bersifat terputus-putus, dimana alat-alat produksi bersifat fleksibel demi menghasilkan produk sesuai ekspektasi, sehingga aliran produksi tidak memiliki standar.

#### 3. *Project Process*

Sebuah proses produksi yang bersifat sementara hingga suatu hasil tercapai, di mana alat-alat yang menunjang produksi disusun menyesuaikan lokasi dan waktu dilakukannya proyek.

## 2.3 Kualitas

Kualitas telah menjadi salah satu faktor yang paling penting bagi pelanggan dalam memilih produk, baik berupa barang maupun jasa. Kualitas memiliki arti yang luas dari berbagai pandangan seperti yang dikemukakan Evans dan Lindsay (2007:12) berikut.

#### 1. Perspektif Desain

Kualitas merupakan fungsi dari variabel yang spesifik dan dapat diukur, dimana dari perspektif ini perbedaan kualitas dinilai dari selisih jumlah atribut produk.

## 2. Perspektif Pelanggan

Kualitas adalah bagaimana asumsi terhadap kelayakan pakai atau seberapa baik sebuah produk menjalankan fungsinya.

## 3. Perspektif Operasi

Kualitas adalah hasil yang diharapkan dari proses operasi atau tingkat kepatuhan hasil terhadap spesifikasi.

### 2.4 Pengendalian kualitas

Menurut Assauri (2008) pengendalian kualitas adalah usaha untuk mempertahankan kualitas barang dan jasa yang dihasilkan agar sesuai dengan spesifikasi produk yang berdasarkan pimpinan perusahaan.

#### 2.4.1 Faktor-Faktor Pengendalian Kualitas

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pengendalian kualitas, yang dikemukakan oleh Assauri (2008).

##### 1. Kemampuan proses

Seberapa mampu sebuah proses untuk memproduksi atau menghasilkan sebuah hasil yang diharapkan (Gaspersz, 2002:7).

##### 2. Spesifikasi

Nilai ideal yang harus diusahakan untuk dicapai pada proses produksi yang ditentukan oleh perancang produk atau jasa (Evans dan Lindsay, 2007:13).

##### 3. Tingkat ketidaksesuaian yang dapat diterima

Dapat diartikan sebagai suatu nilai yang ditetapkan sebagai batas terjadinya cacat. Cacat adalah kegagalan untuk mencapai kriteria hasil yang diinginkan oleh pelanggan (Gaspersz, 2002:8).

##### 4. Biaya Kualitas

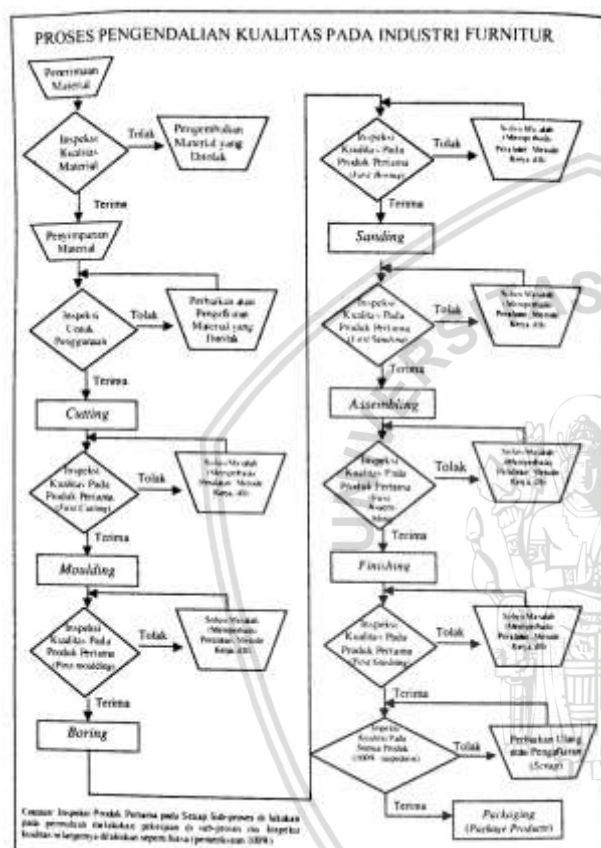
Biaya kualitas adalah biaya-biaya yang perlu dikeluarkan untuk mencegah terjadinya kualitas yang tidak baik maupun biaya-biaya yang harus dikeluarkan sebagai akibat kualitas yang tidak baik. Biaya kualitas diklasifikasikan menjadi empat kategori utama, yaitu (1) Biaya pencegahan, (2) Biaya kegagalan internal, (3) Biaya kegagalan eksternal, dan (4) Biaya penilaian.

## 2.4.2 Perangkat Pengendalian Kualitas

Menurut Montgomery (2013), terdapat tujuh perangkat yang dapat membantu dalam melakukan pengendalian kualitas. Perangkat-perangkat tersebut sebagai berikut.

### 2.4.2.1 Flow Chart

Bagan alir adalah sebuah penggambaran dari suatu aliran proses yang logis (Yamit, 2010:4).



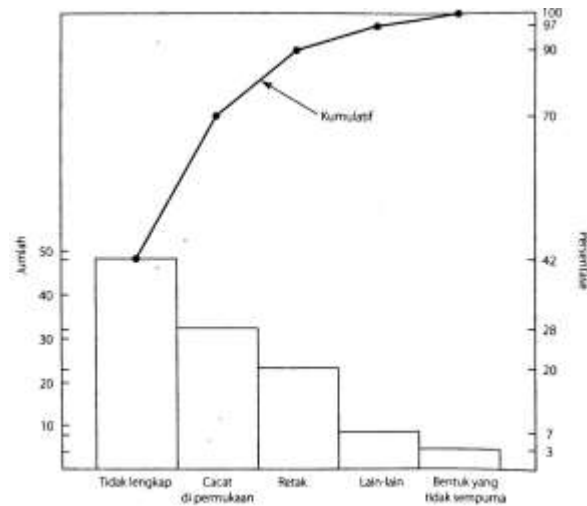
Gambar 2.1 Contoh flow chart

Sumber: Gaspersz (2002)

### 2.4.2.2 Analisis Pareto

Sebuah teknik pemisahan masalah kualitas yang memiliki prinsip bahwa 15% kegagalan merupakan penyebab dari 85% kegagalan lainnya (Evans dan Lindsay, 2007:87). Diagram pareto dapat digunakan untuk melihat peringkat klasifikasi data dari yang tertinggi ke yang terendah, dimana klasifikasi tertinggi berada di kiri dan yang terendah berada di kanan seperti yang ditunjukkan Gambar 2.2.





Gambar 2.2 Contoh diagram pareto

Sumber: Evans dan Lindsay (2007)

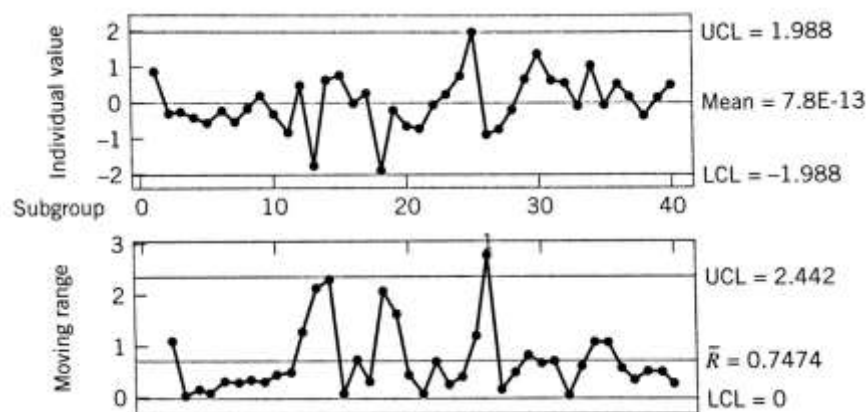
Diagram pareto memiliki garis yang menunjukkan nilai kumulatif, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. dengan diagram pareto, dapat diidentifikasi masalah yang paling penting. Pembuatan diagram pareto cukup sederhana, dengan langkah-langkah seperti berikut.

1. Menentukan metode klasifikasi data, dapat dilakukan berdasarkan masalah, penyebab, tipe.
2. Menentukan apakah biaya atau frekuensi yang digunakan untuk mengurutkan karakteristik.
3. Mengumpulkan data pada interval waktu yang tepat.
4. Meringkas data dan mengurutkan kategorinya dari yang terbesar ke yang terkecil.
5. Menghitung persentase kumulatif.
6. Membuat diagram dan temukan bagian yang terpenting.

#### 2.4.2.3 Control Chart

*Control chart* adalah sebuah metode grafis yang membantu dalam memisahkan variabilitas yang terjadi karena sebab umum dan variabilitas karena sebab khusus. (Montgomery, 2013:55). Dalam mengendalikan variabilitas yang terjadi dalam peta kendali diperlukan batas-batas yang menjadi nilai tolak ukur. Batas-batas yang dikenal pada peta kendali, antara lain:

1. UCL (*Upper Control Limit*)
2. LCL (*Lower Control Limit*)
3. CL (*Center Limit*)



Gambar 2.3 Contoh control chart

Sumber: Montgomery (2013)

Berdasarkan jenis data yang dikendalikan, peta kendali terbagi menjadi peta kendali atribut dan peta kendali variabel. Peta kendali atribut adalah peta kendali yang merepresentasikan variabilitas data kualitatif, dapat dibedakan menjadi baik atau buruk dan berhasil atau gagal (Heizer dan Render, 2005). Dengan menggunakan peta kendali atribut, dapat diketahui apakah produk cacat yang dihasilkan berada dalam batas toleransi yang ditetapkan. Peta kendali atribut dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama yaitu untuk *nonconforming units* dan yang kedua untuk *nonconformities*. Peta kendali untuk *nonconforming units* terdiri dari *p chart* dan *np chart*. *P chart* digunakan untuk data yang terdiri dari proporsi jumlah kejadian dari jumlah total kejadian. Dalam pengendalian kualitas *p chart* digunakan untuk mengetahui fraksi *nonconforming* pada sebuah produk, karakteristik kualitas, atau kelompok karakteristik kualitas.

Dalam membuat *p chart* untuk ukuran *subgroup* yang berbeda, langkah-langkah yang perlu dilakukan sebagai berikut.

1. Memilih karakteristik kualitas. Sebuah peta kendali dapat dibuat untuk mengendalikan proporsi *nonconforming* untuk karakteristik kualitas tunggal, kelompok karakteristik kualitas, sebuah produk, maupun beberapa jumlah produk.
2. Menentukan ukuran *subgroup* atau sampel. Penentuan ukuran sampel disarankan minimal 50 sebagai percobaan awal.
3. Mengumpulkan data. Dapat dilakukan dengan pengambilan minimal 25 *subgroup* atau sampel, atau dapat pula didapat dari data historis. Untuk masing-masing proporsi *nonconforming* subgroup dihitung dengan rumus:

$$p_i = \frac{r_i}{n_i} \quad (2-1)$$

Sumber: Douglas C. Montgomery (1990)

Keterangan:

p = Proporsi *nonconforming* pada sampel atau *subgroup*

$n_i$  = Jumlah sampel atau *subgroup*

$r_i$  = Jumlah *nonconforming* pada sampel atau *subgroup*

4. Menentukan *centerl line* dan *control limit*. Rumus yang digunakan dalam menentukan batas kendali sebagai berikut.

$$UCL = \mu + 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (2-2)$$

Sumber: Douglas C. Montgomery (1990)

Keterangan:

UCL = Batas kendali atas

$\mu$  = Rata-rata *nonconforming*

$n$  = Jumlah sampel atau *subgroup*

$$LCL = \mu - 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (2-3)$$

Sumber: Dale H. Besterfield, PhD., P.E. (1994)

Keterangan:

LCL = Batas kendali bawah

$\mu$  = Rata-rata *nonconforming*

$$CL = \mu \quad (2-4)$$

Sumber: Douglas C. Montgomery (1990)

Keterangan:

CL = Garis atau nilai tengah

$\mu$  = Rata-rata *nonconforming*

5. Membuat perbaikan *central line* dan *control limit*. Setelah menemukan titik masalah yang melebihi batas kendali karena sebab khusus, mereka dihilangkan. Sehingga nilai proporsi yang baru dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$p_{new} = \frac{\sum np - np_d}{\sum n - n_d} \quad (2-5)$$

Sumber: Douglas C. Montgomery (1990)

Keterangan:

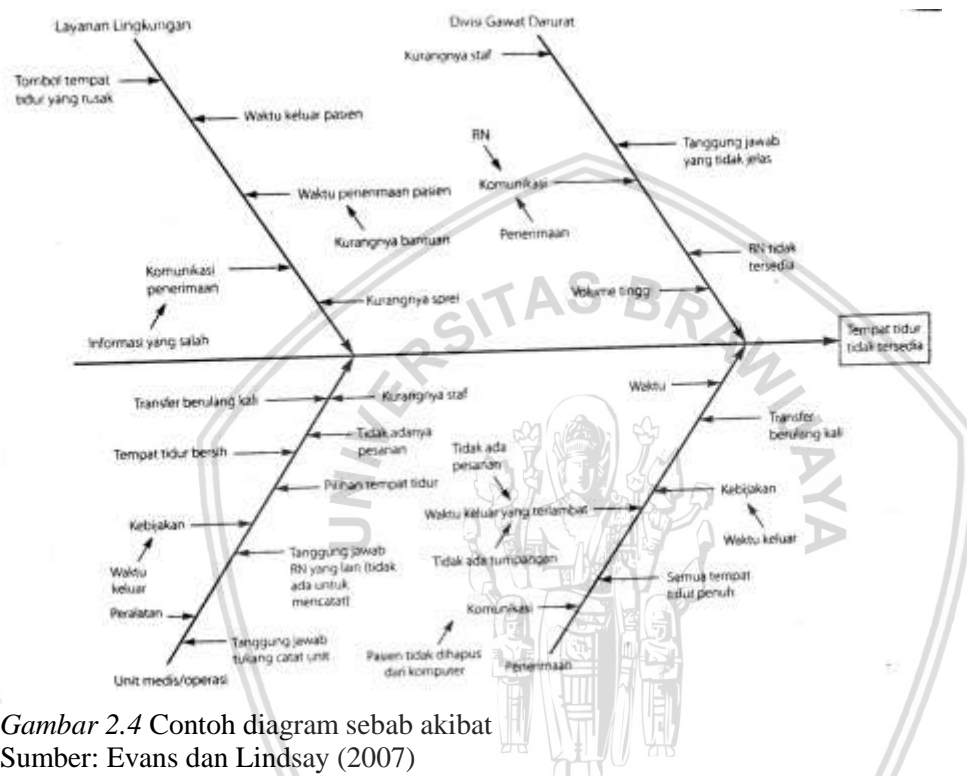
$np_d$  = jumlah *nonconforming* pada sampel atau *subgroup* yang dihilangkan

$n_d$  = jumlah hasil inspeksi yang dihilangkan dari subgroup atau sampel

6. Mencapai tujuan yang diinginkan. Pada lima tahap awal merupakan perencanaan, sedangkan tahap ini merupakan tahap tindakan yang dilakukan untuk mencapai tujuan.

#### 2.4.2.4 Cause-Effect Diagram

Diagram Sebab Akibat adalah metode penggambaran rantai penyebab dan akibatnya yang membantu dalam pencarian penyebab potensial dan meorganisasikan faktor-faktor penyebab (Evans dan Lindsay, 2007:188). Diagram sebab akibat digunakan untuk menyelidiki akibat buruk dan untuk melakukan tindakan perbaikan atas penyebabnya. Biasanya setiap akibat memiliki beberapa penyebab, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



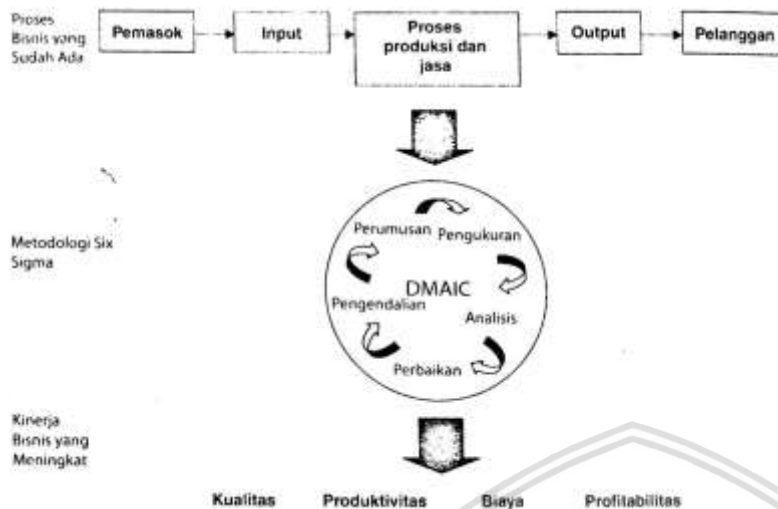
Gambar 2.4 Contoh diagram sebab akibat  
Sumber: Evans dan Lindsay (2007)

Diagram tersebut menggambarkan akibat pada sebelah kanan dan sebab berada di sebelah kirinya. Sebab tersebut dipecah menjadi beberapa sebab utama yang terdiri dari *methods, measurement, people, materials*, dan *environment*.

#### 2.5 Metode Six Sigma

Six Sigma merupakan sebuah metode dalam meningkatkan kualitas proses-proses yang terkait produksi barang dan jasa, dengan tujuan mencari dan mencegah faktor penyebab terjadinya kegagalan dalam proses, mengurangi waktu dan biaya proses, meningkatkan produktivitas dan efisiensi, meningkatkan kepuasan pelanggan, dan meningkatkan keuntungan bagi penyelenggara proses bisnis. Six sigma tersusun dari metodologi penyelesaian masalah yang sederhana, terdiri dari *define, measure, analyze*,

*improve*, dan *control*, atau disebut siklus DMAIC. Metode ini melibatkan berbagai perangkat statistik dan metode perbaikan proses lainnya (Evans dan Lindsay, 2007:3).



Gambar 2.5 Hubungan six sigma dan perbaikan proses  
Sumber: Evans dan Lindsay (2007)

### 2.5.1 Siklus DMAIC Six Sigma

Dalam meningkatkan kualitas dan proses secara efektif, menurut Montgomery (2013: 48) perlu untuk memahami lima tahap dalam metodologi DMAIC yang dijelaskan pada sub bab berikut ini.

#### 2.5.1.1 Define (Merumuskan)

Tujuan dari tahap ini adalah mengidentifikasi peluang proyek sekaligus memverifikasi dan memvalidasi bahwa proyek perbaikan kualitas berpotensi untuk diberlakukan suatu terobosan. Menurut Evans dan Lindsay (2007), tahap ini merupakan proses menyempitkan definisi masalah yang telah diidentifikasi. Merumuskan masalah yang baik dilakukan dengan pernyataan kebutuhan pelanggan dan CTQ, penilaian kinerja yang telah dilakukan, mengidentifikasi kegagalan atau keluhan pelanggan, dan penentuan target peningkatan kualitas proses yang diharapkan.

##### 2.5.1.1.1 Critical To Quality (CTQ)

*Critical to quality* adalah karakteristik kualitas produk yang dapat mempengaruhi kepuasan pelanggan terkait kebutuhan pelanggan. *Critical to quality* diidentifikasi menggunakan suara konsumen. Berhasil atau gagalnya produk dapat diketahui dari penilaian pelanggan.



### 2.5.1.2 Measure (Mengukur)

Tahap dimana dilakukan usaha untuk mengukur proses yang berkaitan langsung dengan CTQ. Hal ini terkait dengan pengumpulan data pengukuran kualitas, biaya, dan waktu siklus. Pada tahap ini perlu dipahami dengan baik tentang bagaimana hubungan antara kinerja dengan penilaian pelanggan. Hubungan ini dirumuskan dengan fungsi matematika sebagai berikut.

$$Y=f(X) \quad (2-6)$$

Sumber: Evans dan Lindsay (2007:49)

Keterangan:

Y = Variabel respons yang penting/CTQ

X = Variabel *input*

Montgomery (2013:54) juga menyatakan bahwa hubungan tersebut, dapat dipahami dengan dilakukannya pengukuran terhadap variabel *output* proses utama dan variabel *input* proses utama.

Setelah menemukan adanya hubungan sebab akibat antara kinerja dengan penilaian pelanggan, kemudian menentukan data apa saja dan berapa banyak data yang diperlukan untuk menganalisa dan memahami peningkatan proses yang perlu dilakukan. Data-data yang telah dikumpulkan berguna untuk menjadi tolak ukur kinerja proses serta kapabilitas proses. Pengumpulan data yang dilakukan harus berdasarkan pertanyaan-pertanyaan berikut ini (Evans dan Lindsay, 2007:49).

1. Apa pertanyaan-pertanyaan yang harus dapat dijawab?
2. Apa saja jenis data yang diperlukan untuk menjawab pertanyaan tersebut?
3. Di mana tempat yang memiliki atau menyimpan data tersebut?
4. Siapa pihak atau orang yang menyediakan data yang dibutuhkan?
5. Bagaimana cara mengumpulkan data yang dibutuhkan dengan meminimalisir kemungkinan melakukan hal yang salah?

#### 2.5.1.2.1 Defect Per Million Object (DPMO)

Menurut Pyzdek (2002), DPMO adalah satuan yang menyatakan probabilitas kegagalan yang terjadi pada setiap satu juta produk yang dihasilkan. DPMO digunakan sebagai alat analisis untuk mengukur proporsi produk cacat pada suatu kelompok. Pada six sigma, target yang ditetapkan adalah 3,4 DPMO atau 99,99966% produk berhasil memenuhi kepuasan pelanggan.



$$DPMO = \frac{\text{Jumlah produk cacat}}{\text{Kemungkinan kesalahan}} \times 1000000$$

Sumber: Syukron dan Kholil (2013)

#### 2.5.1.2.2 Sigma Level

Level sigma adalah sebuah nilai yang menunjukkan penyimpangan suatu indikator dari tingkat variasi pada sebuah perangkat pengukuran. Level sigma dapat diketahui dengan mengkonversi nilai DPMO ke dalam tabel sigma. Berikut ini tabel sigma dan DPMO.

Tabel 2.2

Tabel Six Sigma Distribusi Normal

Batas spesifikasi	Persentase	DPMO
±1 sigma	30,23	697.700
±2 sigma	69,13	308.700
±3 sigma	93,32	66.810
±4 sigma	99,379	6.210
±5 sigma	99,9767	233
±6 sigma	99,99966	3,4

Sumber: Gaspersz (2001)

Tabel 2.2 menunjukkan hubungan nilai sigma dan DPMO, sehingga untuk mencari nilai sigma dapat diketahui berdasarkan nilai DPMO. Mengetahui level sigma, berarti organisasi dapat mengetahui pencapaiannya. Level sigma juga dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{sigma level} = \text{normsinv} \frac{1000000 - DPMO}{1000000} + 1,5$$

Sumber: Syukron dan Kholil (2013)

#### 2.5.1.2.3 Analisis Kapabilitas Proses (Cp)

Menurut Haming dan Nurnajamuddin (2007), Cp adalah nilai yang menunjukkan kemampuan dari proses dalam menghasilkan produk sesuai spesifikasi kualitas yang telah ditentukan. Cp memiliki hubungan dengan level sigma dan DPMO. Hubungan tersebut dapat direpresentasikan pada persamaan berikut.

$$\text{Level Sigma} = 3 \times Cp$$

Sumber: Haming dan Nurnajamuddin (2007)

Analisis kapabilitas proses dapat dilakukan setelah didapatkan nilai Cp. Berdasarkan nilai Cp, kemampuan proses produksi dapat dianalisa dan dimasukkan ke dalam kategori kapabilitas proses. Menurut Gaspersz (2002), nilai Cp dapat dikategorikan sebagai berikut.

1. Jika  $Cp < 1$ , artinya kapabilitas proses tidak memenuhi spesifikasi kualitas atau proses tidak baik.

2. Jika  $1 \leq C_p < 2$ , artinya proses memiliki kapabilitas yang cukup untuk memenuhi spesifikasi kualitas, namun belum cukup mampu untuk memenuhi target *zero defect*.
3. Jika  $C_p \geq 2$ , artinya kapabilitas proses telah mampu memenuhi spesifikasi kualitas dan mendekati *zero defect*.

#### 2.5.1.3 Analyze (Menyelidiki)

Pada tahap ini, mulai menentukan hubungan sebab akibat yang terjadi dalam proses dan memahami sumber variabilitas yang berbeda-beda, dengan menggunakan data yang telah dikumpulkan pada tahap *measure*. Hal yang perlu dilakukan dalam tahap ini yaitu penyebab kecacatan potensial, masalah kualitas, masalah, pelanggan, waktu siklus, masalah waktu siklus, dan *waste* atau inefisiensi yang terdapat dalam proses (Montgomery, 2013:55).

#### 2.5.1.4 Improve (Meningkatkan)

Menurut Montgomery (2013:56), tahap *improve* merupakan sebuah pemikiran kreatif tentang perubahan spesifik yang dapat diterapkan pada proses dan hal-hal lain yang perlu dilakukan untuk mencapai hasil yang diharapkan dari kinerja proses. Tujuan dari tahap ini yaitu untuk mengembangkan solusi untuk masalah dan menguji solusi tersebut.

#### 2.5.1.5 Control (Mengendalikan)

Pada tahap *control*, aktivitas yang dilakukan adalah segala sesuatu yang bertujuan memastikan bahwa perbaikan dilakukan dengan baik. Cara mengendalikan perbaikan yang dilakukan adalah dengan memantau kinerja proses utama dan CTQ (Evans dan Lindsay, 2007:236).

Menurut Montgomery (2013:57), tujuan pada tahap ini yaitu menyelesaikan semua pekerjaan pada proyek kemudian menerapkan prosedur-prosedur yang perlu dilakukan untuk memastikan bahwa keuntungan dapat membantu proses, dan apabila memungkinkan, perbaikan dapat diimplementasikan di proses bisnis lain yg serupa.

### 2.6 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Menurut Rakesh, Jos, dan Mathew (2013:1), *Failure Mode effect Analysis* atau FMEA adalah sebuah metode sistematis dalam mengidentifikasi dan mencegah masalah pada sistem, produk, maupun proses sebelum terjadi. FMEA berfokus pada pencegahan terjadinya masalah, peningkatan keamanan, dan peningkatan kepuasan pelanggan.

Sellappan dan Palanikumar (2013) menjelaskan bahwa proses analisa menggunakan FMEA melibatkan bagian-bagian lain pada perusahaan untuk mencari tahu penyebab kegagalan pada suatu proses atau produk. Sebelum memulai pengerjaan FMEA, hal yang perlu dilakukan adalah melakukan analisa dengan beberapa kriteria yaitu tingkat keparahan (*severity*), kejadian (*occurrence*), dan deteksi (*detection*). Penilaian masing-masing kriteria dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 2.3  
Kriteria Penilaian *Severity*

Efek	Ranking	Kriteria
Berbahaya tanpa peringatan	10	Membahayakan pekerja tanpa adanya peringatan.
Berbahaya dengan peringatan	9	Membahayakan pekerja dengan peringatan.
Gangguan mayor	8	Seluruh produk (100%) yang dihasilkan tidak dapat digunakan, menjadi <i>scrap</i> .
Gangguan Signifikan	7	Sebagian produk (<100%) yang dihasilkan tidak dapat digunakan, menjadi <i>scrap</i> .
Gangguan sedang	6	Seluruh produk (100%) yang dihasilkan mengalami <i>rework</i>
	5	Sebagian produk (<100%) yang dihasilkan mengalami <i>rework</i> .
	4	Seluruh produk (100%) yang dihasilkan cacat dan mengalami perbaikan.
	3	Sebagian produk (<100%) yang dihasilkan cacat dan mengalami perbaikan.
Gangguan minor	2	Sedikit pengaruh pada proses, operasi, atau pekerja.
Tidak ada	1	Tidak berpengaruh pada proses.

Sumber: McDermott (2009)

Tabel 2.4  
Kriteria Penilaian *Occurrence*

Kemungkinan kegagalan	Ranking	kriteria
Sangat tinggi: kegagalan terus terjadi	10	$\geq 100$ dari 1000 satuan
	9	50 dari 1000 satuan
Tinggi: Kegagalan sering terjadi	8	20 dari 1000 satuan
	7	10 dari 1000 satuan
Menengah: kegagalan kadang-kadang terjadi	6	5 dari 1000 satuan
	5	2 dari 1000 satuan
	4	1 dari 1000 satuan
Rendah: Kegagalan sedikit terjadi	3	0,5 dari 1000 saruan
	2	0,1 dari 1000 satuan
	1	$\leq 0,01$ dari 1000 satuan

Sumber: McDermott (2009)

Tabel 2.5  
Kriteria Penilaian *Detection*

Deteksi	Ranking	Kriteria
Hampir pasti	1	Produk yang tidak sesuai spesifikasi tidak dapat dihasilkan
Sangat tinggi	2	Deteksi kesalahan pada stasiun, produk yang tidak sesuai spesifikasi tidak dapat keluar dari stasiun.

Deteksi	Ranking	Kriteria
Tinggi	3	Deteksi kesalahan dari stasiun sebelumnya, tidak dapat menerima produk yang tidak sesuai spesifikasi.
Cukup tinggi	4	Deteksi kesalahan untuk operasi berikutnya, inspeksi produk pertama yang dihasilkan.
Sedang	5	Kontrol deteksi pada saat produk meninggalkan stasiun, pemeriksaan pada 100% produk.
Rendah	6	Kontrol deteksi dengan metode SPC
Sangat rendah	7	Kontrol deteksi dengan pemeriksaan ganda secara visual
Kecil	8	Kontrol deteksi dengan pemeriksaan tunggal secara visual
Sangat kecil	9	Kontrol deteksi dengan pemeriksaan secara random
Hampir tidak mungkin	10	Tidak dapat melakukan deteksi

Sumber: McDermott (2009)

Setelah melakukan analisa dan penilaian atas kriteria-kriteria tersebut, maka dapat diketahui nilai RPN dengan rumus berikut ini.

$$RPN=O \times S \times D$$

(2-7)

Sumber: Rakesh, Jos, dan Mathew (2013)

Keterangan:

O = Occurrence

S = Severity

D = Detection

## 2.7 Wheel

*Wheel* merupakan silinder logam yang dipasang pada tepi lingkaran dalam ban kendaraan. Setelah *wheel* dipasangkan dengan ban, rakitan ini disebut dengan roda. Ukuran *wheel* dan ban harus sesuai untuk mencapai performa kendaraan yang baik. Selain itu, *wheel* juga berpengaruh terhadap umur hidup ban, sehingga dapat diketahui bahwa *wheel* juga berfungsi menjaga fungsi ban. (P. Meghasyam, S. Girivardhan Naidu, N. Sayed Baba, 2013)

Menurut Agus Efendi (2007), terdapat dua jenis *wheel* yang diketahui masyarakat secara umum, yaitu *wheel* jenis pabrikan dan *wheel racing*. Secara lebih rinci, P. Meghasyam, S. Girivardhan Naidu, dan N. Sayed Baba (2013) menjelaskan bahwa jenis *wheel* dibagi menjadi dua bagian besar yaitu berdasarkan bentuk dan berdasarkan bahannya.

### 2.7.1 Jenis *Wheel* Berdasarkan Bentuk

Jenis-jenis *wheel* dibedakan berdasarkan bentuk, antara lain

1. *Drop Centre* (DC) merupakan *wheel* yang dibentuk sehingga bagian tengah dari silinder *wheel* lebih rendah dibandingkan dua tepi sisi bagian luar dari silinder *wheel*. Hal tersebut untuk mempermudah dalam memasang dan melepas ban.
2. *Wide Drop Centre* (WDC) memiliki bentuk yang hampir sama dengan jenis DC. Yang membedakan adalah cekungan silinder lebih kecil dan tinggi pinggiran lebih rendah. Jenis *wheel* ini merupakan jenis yang paling umum digunakan pada kendaraan.
3. *Wide Drop Centre With Hub* memiliki benjolan pada bagian depan butiran jok. Benjolan ini berfungsi untuk mencegah butiran terlepas dan mencegah udara mengalir keluar dari *wheel* karena ban menerima gaya horizontal ketika kendaraan berjalan dengan kecepatan tinggi.

### 2.7.2 Jenis *Wheel* Berdasarkan Bahan

Berdasarkan bahan dasar utama yang digunakan, *wheel* dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu.

1. *Wire spoke wheel* yaitu *wheel* yang bagian tepi luarnya dan bagian poros dikaitkan dengan sejumlah kawat yang disebut jari-jari. Saat ini, jenis *wheel* ini digunakan pada kendaraan-kendaraan klasik. Jenis ini berkembang menjadi jenis *wheel light alloy* untuk meningkatkan mode jari-jari.
2. *Steel disc wheel* merupakan *wheel* menggabungkan *wheel* yang terbuat dari baja dan rodanya menjadi satu dengan pengelasan. Jenis *wheel* ini digunakan untuk kendaraan terutama pada ban orisinal.
3. *Light alloy wheel* dibuat dengan bahan dasar logam ringan, seperti aluminium dan magnesium. *Wheel* ini menjadi standar untuk peralatan orisinal kendaraan di Eropa pada tahun 1960 dan menjadi ban pengganti di United States pada tahun 1970. Berikut ini beberapa jenis *wheel* berdasarkan bahan logam ringan yang digunakan
  - a. *Aluminium alloy wheel* adalah logam dengan keringanan yang sangat baik, memiliki konduktivitas termal, tahan karat, memiliki sifat fisik pengecoran, dan rendah panas. Kelebihan utama dari *aluminium alloy* adalah sangat ringan, tingkat presisi yang tinggi, dan kemampuannya untuk didaur ulang sehingga dapat menghemat energi.
  - b. *Magnesium alloy wheel* memiliki keringanan yang lebih besar 30% dari aluminium dan memiliki stabilitas ukuran dan ketahanan terhadap benturan yang



sangat baik. Penggunaannya terbatas untuk kendaraan balap yang membutuhkan kekuatan tinggi dengan bobot yang sangat ringan. Namun, dibandingkan dengan aluminium, magnesium memiliki kelemahan yaitu ketahanan terhadap cuaca dan desain.

- c. *Titanium alloy wheel* merupakan logam yang memiliki ketahanan korosi yang sangat baik dan kekuatan 2,5 kali lebih kuat dari aluminium. Tetapi, titanium memiliki kelemahan dalam kemampuan proses permesinan, perancangan desain, dan biaya yang lebih besar.
- d. *Composite alloy wheel* masih dalam tahap pengembangan untuk memiliki bobot yang ringan. Bahan ini kurang konsisten terhadap panas dan kekuatan.

## 2.8 Pengecoran Logam

Menurut Richard W. Heine, Carl R. Loper, Jr., dan Philip C. Rosenthal, pengecoran logam adalah proses pendinginan logam cair dalam cetakan sehingga membentuk suatu benda logam. Selain itu, pengecoran juga dapat diartikan sebagai proses pembentukan benda logam dengan mencairkan logam dan menuangkannya ke dalam cetakan. Pengecoran logam terdiri dari beberapa klasifikasi, yaitu *ferrous* atau *non ferrous*, besi, baja, kuningan atau perunggu, serta logam ringan yang terdiri dari aluminium dan magnesium.

### 2.8.1.1 Industri pengecoran

Ruang lingkup industri pengecoran menjadi segmen penting dalam ekonomi nasional. Kekuatan dari industri pengecoran terletak pada sifat dasar pengecoran sebagai proses pembentukan logam yang akan memenuhi kebutuhan manusia. Produk industri pengecoran telah memasuki setiap aspek kehidupan manusia dimana logam dapat membantu aktivitas manusia.

Pengecoran diklasifikasikan berdasarkan sifat kerja dan rangka kerja organisasinya. Pengecoran produksi adalah manufaktur yang sangat bersifat mekanis, dimana dibutuhkan sangat banyak jenis pengecoran untuk menghasilkan biaya yang murah dalam produksi.

### 2.8.1.2 Pemadatan Logam

Menurut Richard W. Heine pemadatan logam terjadi karena nukleasi butiran atau kristal dari logam cair. Yang kemudian berkembang di bawah pengaruh kristalografi dan kondisi suhu yang stabil. Ukuran serta sifat butiran tersebut dikendalikan oleh komposisi

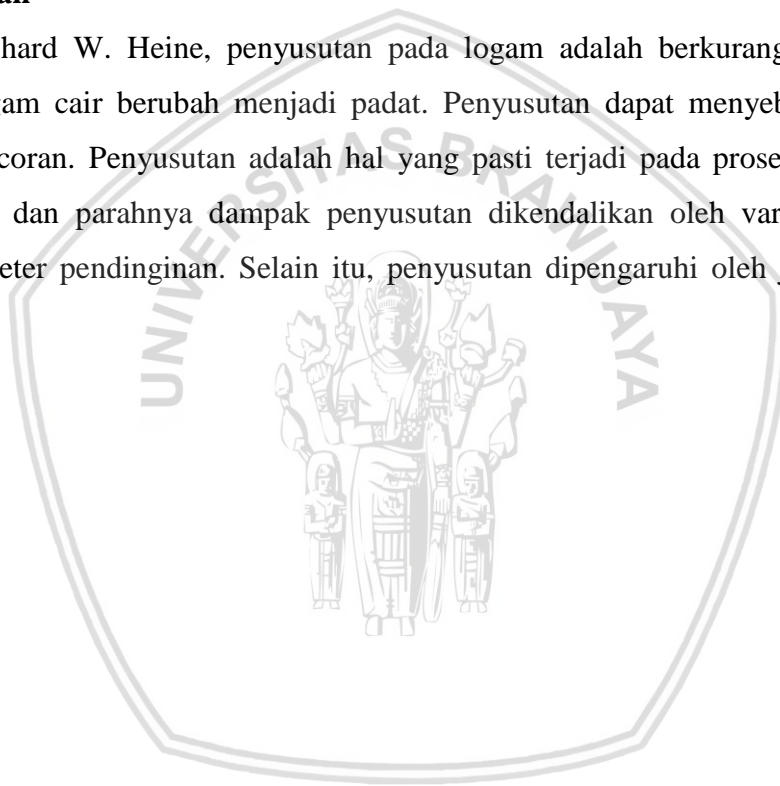


paduan logam dan parameter pendinginan. Pertumbuhan butiran berhenti ketika seluruh logam cair telah memadat.

Terdapat tiga tahap pendinginan logam, antara lain cair, cair – padat, dan padat. Penyusutan dapat terjadi selama logam mengalami tiga tahap tersebut. Penyusutan terjadi karena logam kehilangan panas selama proses transformasi ke bentuk padat. Faktor lain yang mempengaruhi pemadatan logam adalah kompleksitas proses. Hal tersebut dipengaruhi oleh bahan dan ketebalan cetakan, bentuk cetakan, ketebalan logam, serta sifat logam itu sendiri, seperti konduktivitas termal, dan rentang suhu pemadatan.

### **2.8.1.3 Penyusutan**

Menurut Richard W. Heine, penyusutan pada logam adalah berkurangnya volume logam ketika logam cair berubah menjadi padat. Penyusutan dapat menyebabkan cacat pada hasil pengecoran. Penyusutan adalah hal yang pasti terjadi pada proses pemadatan logam. Besarnya dan parahnya dampak penyusutan dikendalikan oleh variabel seperti panas dan parameter pendinginan. Selain itu, penyusutan dipengaruhi oleh jenis paduan logam itu sendiri.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Dalam melaksanakan penelitian ini, diperlukan metode yang sesuai dengan masalah yang diangkat. Selain itu, metode penelitian penting untuk ditentukan terlebih dahulu sebagai kerangka berpikir untuk menyelesaikan penelitian ini. Untuk lebih jelasnya, maka pada bab ini akan dijelaskan terkait metode penelitian yang dilakukan.

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan objek proses produksi *wheel*. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang bertujuan menyelidiki suatu keadaan dan memaparkan hasilnya dalam bentuk laporan penelitian (Arikunto, 2010). Dapat dikatakan, dalam penelitian ini dibutuhkan analisa untuk mengetahui penyebab terjadinya permasalahan yang dibahas.

#### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di PT. Meshindo Alloy Wheel di jalan Margomulyo Indah I/8-9, Balongsari, Tandes, Surabaya, Jawa Timur. Waktu pelaksanaan penelitian yaitu pada November 2017 – April 2018.

#### **3.3 Langkah-langkah Penelitian**

Dalam melaksanakan penelitian ini, dilakukan beberapa langkah yaitu:

##### **3.3.1 Tahap Pendahuluan**

##### **1. Studi Lapangan**

Pada awal penelitian, terlebih dulu dilakukan studi lapangan untuk mengetahui keadaan nyata yang terdapat di lapangan, yaitu tempat akan dilakukannya penelitian. Studi lapangan dilakukan dengan hadir secara langsung di tempat penelitian, mengamati situasi yang terdapat di tempat penelitian, dan menangkap fenomena-fenomena yang terjadi di lapangan.

##### **2. Studi Pustaka**

Studi pustaka dilakukan dengan mengkaji secara teoritis melalui referensi dan literatur, terkait hal-hal yang seharusnya terdapat di situasi yang sedang diteliti. Pada

penelitian ini dilakukan studi pustaka mengenai hal-hal terkait proses produksi dan kualitas dengan referensi dan literatur berupa jurnal dan buku.

### 3. Identifikasi Masalah

Setelah memahami situasi dan fenomena yang terjadi di lapangan serta mengkajinya secara teoritis, maka dapat diidentifikasi masalah yang akan diteliti di PT. Meshindo Alloy Wheel. Selain itu, identifikasi masalah dapat dilakukan dengan mengumpulkan data-data pendukung terkait hal yang menjadi masalah.

### 4. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan dengan memecah masalah besar yang terdapat pada tahap identifikasi masalah menjadi masalah-masalah pokok yang mendukung masalah besar tersebut. Perumusan masalah menghasilkan rumusan masalah yang menyatakan pertanyaan-pertanyaan spesifik yang perlu dijawab dengan penelitian yang dilakukan .

### 5. Penetapan Tujuan

Penetapan tujuan dilakukan berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan. Tujuan penelitian sangat terkait dengan hasil dari penelitian yang dilakukan, di mana dengan penetapan tujuan penelitian maka pertanyaan-pertanyaan pada rumusan masalah dapat dijawab.

## 3.3.2 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mencari data, baik primer maupun sekunder. Cara-cara yang dilakukan dalam proses pengumpulan data adalah:

#### 1. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan pembimbing dari perusahaan yang adalah seorang kepala HRD dan *staff* dari Departemen *Casting*. Tujuan dari tahap wawancara yaitu memperoleh informasi dari pihak yang terkait langsung dengan data maupun masalah yang diteliti. Melalui wawancara ini, diharapkan dapat memperoleh data tentang profil perusahaan, proses produksi *wheel* yang dilakukan oleh perusahaan, dan hal-hal yang terkait dengan masalah kualitas yang terdapat perusahaan.

#### 2. Dokumentasi

Proses dokumentasi dilakukan dengan mencari data yang berupa data sekunder yang dimiliki PT. Meshindo Alloy Wheel. Pada penelitian ini dokumentasi dilakukan untuk memperoleh data terkait produk, proses produksi, dan kualitas hasil produksi.

### 3.3.3 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data dilakukan setelah mengidentifikasi masalah secara jelas dan mengumpulkan data-data pendukung untuk menyelesaikan permasalahan. Sesuai dengan metode yang digunakan, yaitu *Six Sigma*, berikut ini tahap pengolahan data yang dilakukan:

#### 1. *Define*

Tahap *define* yaitu tahap mengidentifikasi masalah mengenai cacat pada produk. Tahap *define* dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut.

- a. Mendefinisikan proses produksi pada Departemen *Casting*.
- b. Identifikasi CTQ (*Critical To Quality*) pada produk *wheel*.
- c. Identifikasi jenis-jenis cacat yang terdapat pada produk *wheel*.
- d. Identifikasi jenis cacat yang menjadi prioritas dengan diagram pareto.

#### 2. *Measure*

Pengolahan terhadap data yang telah didapat dimulai pada tahap ini, yaitu pengukuran terhadap jenis cacat pada produk. Berikut ini proses yang dilakukan untuk mengukur cacat produk.

- a. Perhitungan nilai DPMO dan sigma untuk melihat bagaimana kualitas hasil proses.
- b. Pembuatan peta kendali untuk melihat variabilitas hasil proses produksi.
- c. Perhitungan kapabilitas proses yang telah berlangsung pada proses produksi.

### 3.3.4 Tahap Analisa dan Pembahasan

Tahap analisa dan pembahasan dilakukan dengan mengikuti siklus ketiga dan keempat pada siklus DMAIC. Berikut ini langkah-langkah yang dilakukan.

#### 1. *Analyze*

Pada tahap ini, dilakukan analisa masalah untuk mengetahui akar penyebab cacat yang terjadi pada produk. Analisa akar penyebab dilakukan menggunakan *Root Cause Analysis* dan penyusunan ke dalam *Cause Effect Diagram*. Kemudian, dilakukan analisa menggunakan *failure mode effect analysis* (FMEA) untuk menentukan prioritas penyebab masalah yang perlu diberikan rekomendasi perbaikan.

#### 2. *Improve*

Pada tahap *improve*, akan ditentukan perbaikan yang perlu dilakukan atas masalah yang terjadi pada Departemen *Casting*. Perbaikan dilakukan guna mengurangi jumlah cacat agar berada dalam batas yang ditentukan.

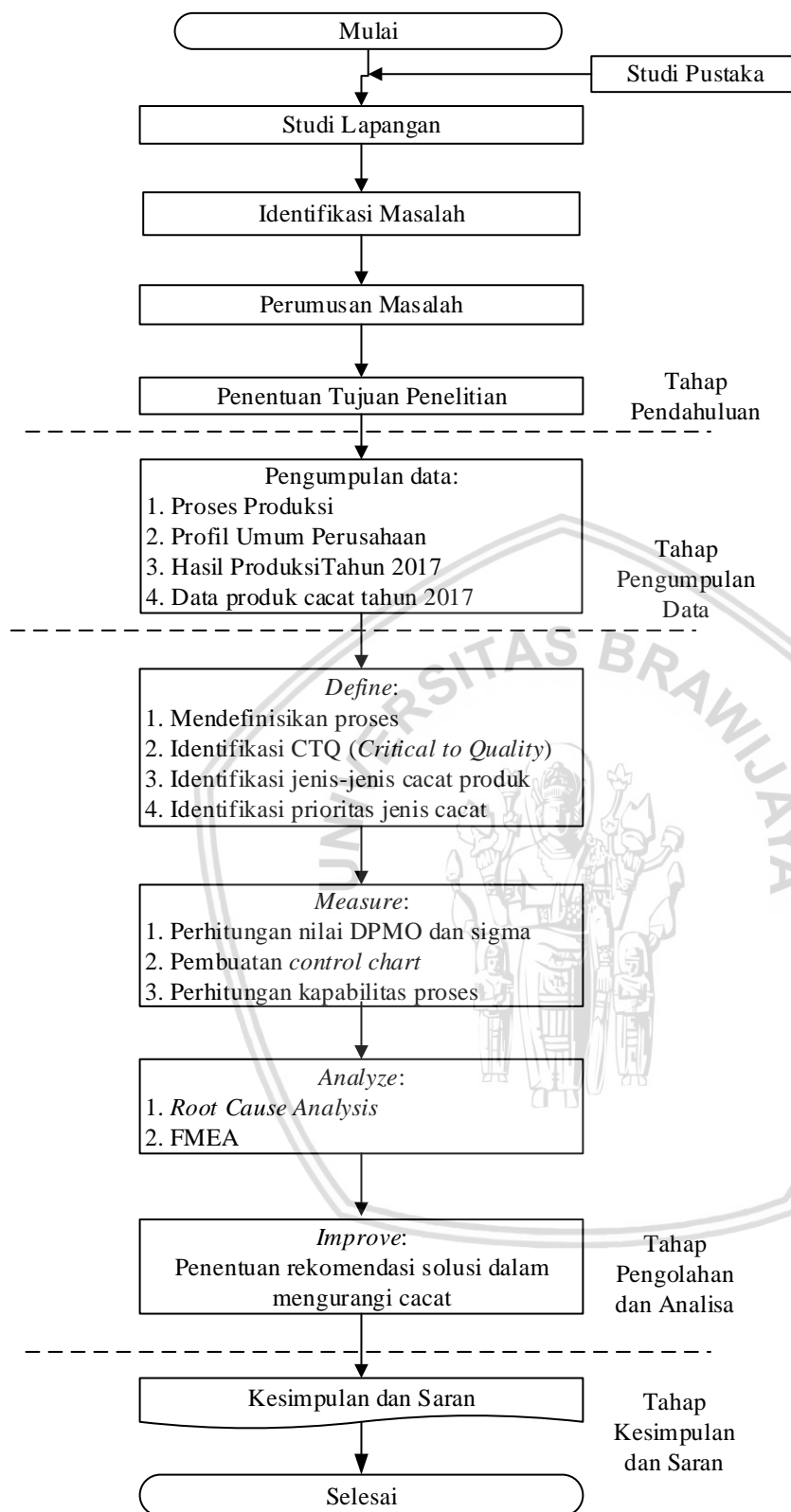
### 3.3.5 Kesimpulan dan Saran

Setelah mendapatkan hasil dari tahap analisa dan pembahasan, maka dapat diperoleh kesimpulan dari hasil analisa dan pembahasan tersebut. Kesimpulan dipaparkan dengan memuat jenis-jenis cacat yang teridentifikasi pada produk, akar penyebab terjadinya cacat tersebut, dan rekomendasi perbaikan yang diberikan. Saran yang disampaikan ditujukan kepada pihak akademisi dan praktisi yang mungkin terkait dengan manfaat penelitian yang dilakukan.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Setelah menyusun langkah-langkah penelitian dengan penjelasan yang rinci, kemudian dibuatlah diagram yang dapat menggambarkan langkah-langkah tersebut secara grafis. Untuk mengetahui aliran penelitian secara logis dan informatif, maka dibuat diagram alir penelitian yang memuat informasi aliran dari tahap pendahuluan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan dan analisa, serta tahap kesimpulan dan saran. Berikut ini diagram alir dari penelitian ini.





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian





## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hal-hal terkait penelitian yang telah dilakukan akan dijelaskan secara menyeluruh. Bab ini membahas tentang penerapan metode penelitian yang telah disusun sebagaimana pada bab sebelumnya. Secara umum, hal-hal yang akan dibahas yaitu tentang gambaran umum perusahaan yang menjadi objek penelitian, pengolahan data yang dilakukan mengikuti siklus DMAI, serta analisis dan hasil dari pengolahan data.

### 4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Dalam sebuah penelitian, objek merupakan hal utama yang tidak mungkin dihilangkan. Karakteristik, lingkungan, dan sistem internal pada objek akan sangat mempengaruhi penelitian. Oleh karena itu, sangat penting untuk terlebih dahulu memahami objek yang akan diteliti. Objek dari penelitian ini yaitu PT. Meshindo Alloy Wheel. Berikut ini akan dijelaskan gambaran umum mengenai PT. Meshindo Alloy Wheel sebagai objek penelitian.

#### 4.1.1 Profil Perusahaan

PT. Meshindo Alloy Wheel adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang industri manufaktur dan pemasaran *wheel* aluminium atau disebut pula *aluminium alloy wheel*. Selain *wheel*, perusahaan ini juga memproduksi aksesoris dan komponen penunjang lainnya untuk berbagai macam mobil di pasar domestik dan mancanegara. Produk-produk perusahaan ini dihasilkan dengan menggunakan bahan dasar aluminium ingot A356.0 dan *strontium modifier*.

PT. Meshindo Alloy Wheel didirikan pada tanggal 17 Mei 1990. Perusahaan ini berlokasi di Jalan Margomulyo Indah I/8-9, Balongsari, Tandes, Surabaya, Jawa Timur 60186. Produksi awal dilakukan pada bulan Juli 1991, kemudian pada Bulan November 1991 barulah perusahaan ini memulai produksi komersial. Pada saat itu, perusahaan memiliki target ekspor utama yaitu Amerika Serikat. Sehingga, kapasitas produksi ditingkatkan hingga mencapai 40.000 produk pada tahun 1994.

Produk yang memiliki standar kualitas yang mendunia adalah produk yang diharapkan oleh konsumen. Untuk memenuhi harapan konsumen, PT. Meshindo Alloy Wheel melakukan kerjasama dengan perusahaan di luar negeri yang telah memiliki citra baik dari produknya. Kerjasama multinasional pertama yang dilakukan oleh perusahaan ini adalah

dengan Central Motor Wheel Co, Ltd. Perusahaan tersebut merupakan salah satu perusahaan lingkaran roda aluminium terbesar di dunia yang berasal dari Jepang. Persetujuan kerjasama ini terjadi pada 28 Agustus 1995.

Masuknya era globalisasi mempengaruhi berbagai aspek dalam bisnis, termasuk aspek keberlangsungan hidup perusahaan. Dalam bertahan pada era globalisasi, PT. Meshindo Alloy Wheel memutuskan untuk bergabung dengan Gajah Tunggal Group pada tanggal 4 Agustus 1996. Gajah Tunggal Group adalah perusahaan yang memiliki dan mengoperasikan fasilitas manufaktur roda di Indonesia.

Saat ini, PT. Meshindo Alloy Wheel telah banyak menjalin kerjasama dengan perusahaan-perusahaan internasional. Banyak merek perusahaan mobil internasional yang menggunakan produk dari PT. Meshindo Alloy Wheel. Proses produksi pada PT. Meshindo Alloy Wheel sebagian besar dilakukan secara manual oleh pekerja dengan bantuan mesin. Dengan banyaknya jumlah produksinya, perusahaan ini pun memiliki motto “Usaha tanpa henti untuk mencapai kesempurnaan”.

#### 4.1.2 Proses Produksi Perusahaan

PT. Meshindo Alloy Wheel adalah perusahaan yang menghasilkan produk berupa barang yaitu *wheel*. Oleh karena itu, proses produksi adalah hal utama pada perusahaan ini yang perlu sangat dijaga kualitasnya. Proses produksi pada perusahaan ini sangat mempengaruhi penelitian yang akan dilakukan. Sebelum memulai penelitian ini, perlu dipahami lebih lanjut mengenai proses produksi di perusahaan.

##### 1. Peleburan (*Melting*)

###### a. *Raw Material*

Pada awalnya, bahan baku yang masih berupa logam diterima dari pemasok yang berasal dari Dubai, Bahrain, Australia, Qatar. Bahan baku utama untuk *wheel* yang digunakan adalah aluminium ingot dengan tipe A 356.0 dan *strontium modifier*. Gambar 4.1 merupakan bahan baku *wheel* yang baru diterima pada Departemen *Casting*.



Gambar 4.1 Aluminium ingot

Sumber: Dokumentasi pribadi

b. *Mixing*

Pencampuran atau *mixing* adalah tahap penggabungan bahan-bahan sesuai komposisi yang dibutuhkan dalam proses peleburan. Komposisi yang dibuat yaitu aluminium dengan rasio tertentu. Tujuan dari proses ini yaitu untuk memperoleh campuran bahan baku yang sesuai standar.

c. *Melting*

Pada tahap ini, bahan baku yang telah disiapkan sesuai standar komposisi dileburkan dalam tungku pembakaran. Lama waktu peleburan tergantung pada rasio bahan baku yang dileburkan. Proses peleburan menggunakan pembakar berbahan bakar gas yaitu PGN – LPG/LNG. Akhir dari proses peleburan yaitu ketika aluminium cair mencapai suhu  $720 \pm 10^\circ\text{C}$ . Tungku pembakaran yang digunakan untuk meleburkan aluminium ingot A 356.0 hingga menjadi aluminium cair dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Tungku pembakaran (*Furnace*)

Sumber: Dokumentasi pribadi

d. Pengujian *spectrometer*

Sebuah proses pengujian terhadap komposisi kimia yang terdapat pada aluminium cair

hasil proses peleburan. Hasil dari dari pengujian ini berupa persentase aluminium, silikon, dan beberapa unsur lainnya. Proses pengujian *spectrometer* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Proses pengujian *spectrometer*  
Sumber: Dokumentasi pribadi

e. *Degassing*

Proses pemisahan gas  $H_2$  dari aluminium cair untuk mengurangi kandungan gas  $H_2$  pada aluminium cair yang dapat menyebabkan produk cacat

2. Pengecoran (*Casting*)

a. Pengecoran

Proses yang dilakukan untuk mengubah bentuk dari aluminium cair menjadi bentuk yang menyesuaikan cetakan, sehingga menghasilkan produk *wheel* setengah jadi. Produk *wheel* setengah jadi kemudian didinginkan menggunakan udara dan air. Proses pengecoran (*casting*) dilakukan menggunakan mesin *casting gravity* dan *tilting*. Gambar 4.4 merupakan mesin yang digunakan untuk membantu proses pengecoran.



Gambar 4.4 Mesin *casting gravity*  
Sumber: Dokumentasi pribadi





Gambar 4.5 Mesin casting tilting  
Sumber: Dokumentasi pribadi

b. Inspeksi X-Ray

Pemeriksaan terhadap hasil proses pengecoran apakah terdapat cacat di bagian dalam cetakan yang tidak dapat dilihat dari permukaan. Proses dilakukan menggunakan sinar X, sehingga tidak merusak hasil cetakan.

3. *Riser Cutting*

Setelah hasil cetakan keluar dari proses pengecoran, dilakukan pemotongan *ring riser* dan *overflow*. Pemotongan ini adalah untuk menghilangkan bagian yang sisa sehingga dapat mempermudah proses berikutnya.

4. *Continuous Heat Treatment*

Pada tahap ini, proses yang dilakukan yaitu *wheel* setengah jadi dipanaskan pada suhu 530°C selama empat sampai enam jam, kemudian dicelupkan ke dalam air dengan suhu 70°C – 80°C. Setelah itu, *wheel* kembali dipanaskan pada suhu 135°C selama tiga sampai lima jam. Pemanasan yang berulang ini dilakukan untuk memperkuat *wheel*. Proses *continuous heat treatment* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Stasiun kerja *continuous heat treatment*  
Sumber: Dokumentasi pribadi

5. *Sand blasting*

Pada *wheel* hasil proses heat treatment terdapat kotoran dan karbon yang perlu dibersihkan. Pembersihan *wheel* dilakukan dengan menyemprot permukaan *wheel* menggunakan pasir besi atau disebut dengan *sand blasting*. *Sand blasting* dilakukan dalam unit tertutup sehingga pasir tidak keluar, kemudian pasir yang jatuh diganti



dengan yang baru. Proses *sand blasting* dilakukan pada stasiun kerja *sand blasting* seperti pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Stasiun kerja *sand blasting*  
Sumber: Dokumentasi pribadi

## 6. *Machining*

### a. CNC 1

Proses permesinan menggunakan mesin CNC (*Computer Numerical Control*). Proses permesinan yang dilakukan adalah proses pembubutan sisi dalam *wheel*. Pembubutan dilakukan untuk memperoleh ukuran *wheel* sesuai spesifikasi. Pembubutan pada CNC 1 dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Proses CNC 1  
Sumber: Dokumentasi pribadi

### b. CNC 2

Proses CNC yang kedua setelah *wheel* melalui proses CNC 1. Proses permesinan ini menggunakan mesin CNC untuk membubut sisi luar *wheel*. Pada proses CNC 2, ukuran *wheel* bagian luar disesuaikan dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pembubutan pada CNC 2 dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Proses CNC 2

Sumber: Dokumentasi pribadi

c. *Center*

Proses permesinan yang terjadi pada tahap ini ditujukan pada bagian tengah *wheel*. Bagian tengah *wheel* mengalami proses permesinan berupa proses pengeboran. Bagian tengah *wheel* dibor untuk membuat lubang baut dan lubang *valve*. Proses *machining center* dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Proses machining center

Sumber: Dokumentasi pribadi

7. *Balancing*

*Balancing* adalah proses pemeriksaan keseimbangan *wheel*. Keseimbangan yang dimaksud yaitu kebulatan bentuk *wheel*. Melalui proses ini, pekerja dapat menentukan nilai dan posisi pemasangan *balancer*. Gambar 4.11 menjelaskan proses *balancing* pada *wheel*.



Gambar 4.11 Proses balancing

Sumber: Dokumentasi pribadi

#### 8. *Air leakage Test*

Uji kebocoran udara adalah proses inspeksi untuk mendeteksi kebocoran yang terjadi pada *wheel*. Proses pengujian dilakukan dengan memberikan tekanan udara pada *wheel* di dalam air. Jika terdapat gelembung udara maka terjadi kebocoran pada *wheel*. Berikut Gambar 4.12 yang menjelaskan proses pengujian kebocoran udara.



Gambar 4.12 Proses pengujian kebocoran udara  
Sumber: Dokumentasi pribadi

#### 9. *Pretreatment*

*Pretreatment* adalah proses pencucian *wheel* dari noda minyak, kotoran, dan karat yang melekat pada *wheel* akibat proses produksi. *Pretreatment* dilakukan untuk memastikan *wheel* yang akan memasuki proses pengecatan telah bersih. Selain itu, *pretreatment* juga akan mempengaruhi daya rekat menjadi lebih baik. Proses *pretreatment* dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Proses *pretreatment*  
Sumber: Dokumentasi pribadi

#### 10. *Powder Coat*

*Powder coat* adalah proses pelapisan bubuk pada permukaan *wheel*. Lapisan bubuk berfungsi sebagai cat dasar sebelum dilakukan pengecatan. Pelapisan bubuk pada *wheel* juga bertujuan agar permukaan *wheel* lebih halus. Berikut Gambar 4.14 menjelaskan proses pelapisan dengan bubuk.



Gambar 4.14 Proses pelapisan bubuk  
Sumber: Dokumentasi pribadi

#### 11. *Painting*

Proses pengecatan *wheel* dilakukan untuk memberikan warna pada *wheel*. Warna cat pada *wheel* disesuaikan dengan permintaan pelanggan. Terdapat 2 jenis cat pada proses ini, yaitu *clear painting* dan *wet painting*. *Clear painting* adalah cat yang tidak memberikan warna pada *wheel*, sedangkan *wet painting* adalah cat yang memberikan warna pada *wheel*. Pemberian cat juga bertujuan untuk menambah nilai jual produk. Gambar 4.15 berikut ini merupakan proses *painting* yang dilakukan dengan mesin.



Gambar 4.15 Proses pengecatan  
Sumber: Dokumentasi pribadi

#### 12. Inspeksi akhir

Inspeksi atau pemeriksaan terakhir yang dilakukan sepanjang proses produksi. Pemeriksaan meliputi penampilan, kebocoran, dan dimensi. Pemeriksaan akhir ini bertujuan untuk memastikan bahwa produk yang akan dikirim sesuai dengan spesifikasi. Selain itu, inspeksi ini dilakukan untuk mencegah adanya produk cacat yang sampai ke pelanggan. Proses inspeksi akhir dapat dilihat pada Gambar 4.16.





Gambar 4.16 Proses inspeksi akhir  
Sumber: Dokumentasi pribadi

### 13. *Packing*

*Packing* adalah proses pengepakan *wheel* yang telah lulus pemeriksaan akhir. Artinya, *wheel* tersebut sudah siap dijual. Pada proses ini, *wheel* dikelompokkan berdasarkan tipe maupun pelanggannya. Setelah selesai dikelompokkan dan dikemas, *wheel* diatur dan disimpan dalam gudang. Gambar 4.17 berikut ini merupakan *wheel* yang telah dikemas.



Gambar 4.17 Stasiun kerja *packing*  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

### 14. *Shipment*

*Shipment* adalah proses pengiriman produk jadi ke pelanggan. Pengiriman dilakukan menggunakan transportasi laut, yaitu kapal. Proses pengiriman perlu sangat diperhatikan untuk memastikan produk yang dikirim sesuai pesanan. Pemilihan media transportasi juga dipilih dengan sangat hati-hati agar barang terkirim dan sampai pada pelanggan dengan keadaan baik.

### 15. Daur ulang

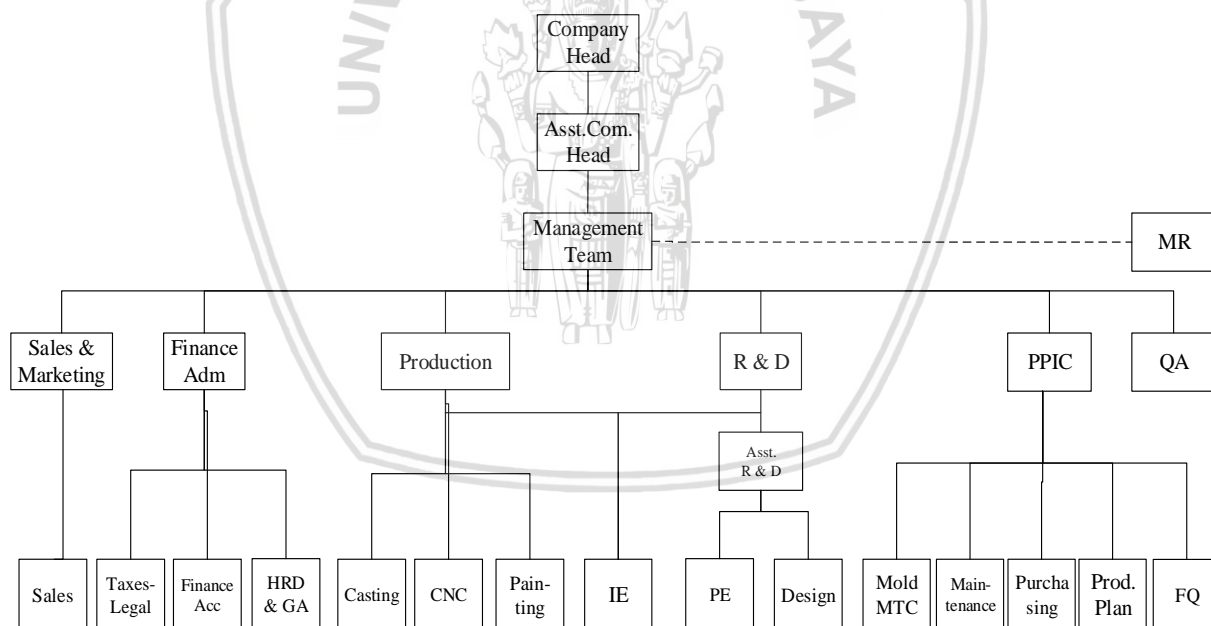
Pada akhir proses produksi, terdapat proses daur ulang. Daur ulang adalah proses peleburan kembali *scrab* dari proses *machining*. *Scrabs* yang telah menjadi logam cair dapat digunakan lagi untuk produksi *wheel* berikutnya.

### 4.1.3 Visi dan Misi Organisasi

Visi PT. Meshindo Alloy Wheel adalah menjadi perusahaan manufaktur lingkaran roda aluminium kendaraan bermotor terkemuka di dunia. Misi PT. Meshindo Alloy Wheel yaitu mengembangkan bisnis yang mampu bersaing di pasar global dalam hal mutu, pelayanan, teknologi, dan harga.

### 4.1.4 Struktur Organisasi

PT. Meshindo Alloy Wheel dipimpin oleh seorang *managing director* yang membawahi tiga direktur dan dibantu oleh *quality management*. Tiga direktur yang menangani kegiatan operasional yaitu direktur pemasaran, direktur keuangan dan administrasi, dan direktur operasional. Masing-masing direktur dibantu oleh manajer yang ahli di bidangnya. Direktur pemasaran dibantu oleh satu manajer pemasaran. Direktur keuangan dan administrasi dibantu oleh manajer akuntansi, manajer keuangan, manajer *purchasing*, manajer sistem informasi, dan HRD. Direktur operasional mengepalai direktur asisten operasi. Secara lebih rinci, skema struktur organisasi dapat dilihat pada Gambar 4.18 di bawah ini.



Gambar 4.18 Struktur organisasi PT. Meshindo Alloy Wheel

Sumber: PT. Meshindo Alloy Wheel

## 4.2 Pengolahan Data

Tahap pengolahan data adalah tahap dimana data-data dikumpulkan dan diolah, sehingga menghasilkan informasi yang ingin diketahui. Pengolahan data yang dilakukan mengikuti tahap pada siklus DMAI dari metode *Six sigma*. Siklus DMAI yang dimaksud



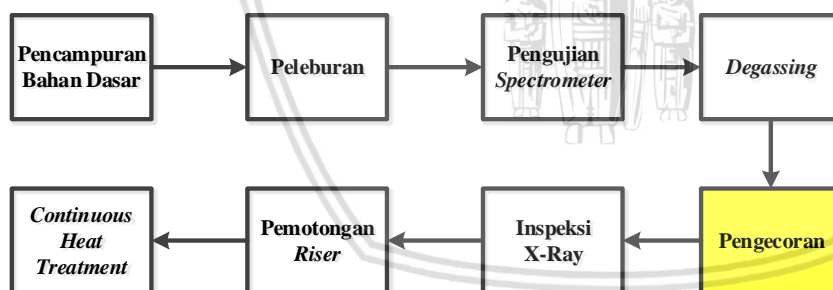
yaitu *define*, *measure*, *analyze*, dan *improve*. Pada masing-masing tahap, peneliti menggunakan perangkat penunjang lainnya. Berikut ini pembahasan mengenai pengolahan data yang dilakukan menggunakan metode *six sigma* dengan siklus *define*, *measure*, *analyze*, dan *improve*.

#### 4.2.1 Tahap Define

*Define* adalah proses pendefinisian hal-hal terkait proyek *six sigma*. Hal-hal yang perlu didefinisikan antara lain proses, *critical to quality*, dan cacat produk. Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah pendefinisian yang dilakukan.

##### 4.2.1.1 Proses Produksi Departemen Casting

Departemen *Casting* mengelola serangkaian proses produksi yang terkait dengan pengecoran. Serangkaian proses tersebut dimulai dari menyiapkan bahan cor ketika *input* masih berupa *raw material*, hingga *treatment* yang perlu diberikan untuk produk hasil cor. Proses pada Departemen *Casting* ini dibagi menjadi empat proses besar yaitu peleburan, pengecoran, *riser cutting*, dan *continuous heat treatment*. Keempat proses tersebut terdiri atas beberapa proses yang lebih kecil. Berikut ini penjelasan proses yang terdapat pada Departemen *Casting* yang direpresentasikan ke dalam diagram pada Gambar 4.19:



Gambar 4.19 Urutan proses produksi Departemen Casting

Proses yang terdapat pada Departemen *Casting* sangat banyak. Dalam penelitian ini, akan difokuskan pada proses utama yang memberikan nilai tambah paling besar terhadap produk. Berdasarkan hal tersebut, maka proses pengecoran merupakan proses utama pada Departemen *Casting*. Hal itu dikarenakan banyaknya perubahan produk yang dihasilkan dari proses pengecoran. Pada proses pengecoran terjadi perubahan dari bahan baku, yang berupa cairan logam hasil proses peleburan, hingga menjadi *wheel*. Selain itu, jika membandingkan nilai yang dimiliki *input* dan *output* dari proses pengecoran, dapat diketahui bahwa proses pengecoran menghasilkan *output* yang memiliki *added value* terbesar.

#### 4.2.1.2 Identifikasi *Critical to quality* (CTQ)

*Critical to quality* adalah karakteristik kualitas produk yang sangat terkait dengan kebutuhan spesifik pelanggan. Karakteristik tersebut disebut pula sebagai karakteristik kualitas kunci yang utama untuk dipenuhi. Karakteristik kualitas dikatakan *critical to quality* apabila sebuah produk tidak dapat masuk ke proses berikutnya karena tidak terpenuhi nya karakteristik tersebut oleh proses pada Departemen *Casting*. Penentuan CTQ didasari oleh faktor *safety* yang perlu dipenuhi produk. CTQ pada produk *wheel* hasil proses di Departemen *Casting* pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1

*Critical to Quality* dan Spesifikasi

<i>Critical to quality</i>	Spesifikasi
Bagian utama produk tercetak sempurna	Tidak susut pada bagian <i>hub</i>
	Tidak susut pada bagian <i>spoke</i>
	Tidak susut pada bagian <i>rim</i>
	Tidak susut pada bagian <i>face</i>
Produk memiliki kerapatan yang sempurna	Tidak bocor
	Tidak retak

#### 4.2.1.3 Identifikasi Jenis Cacat Produk

Setelah menentukan kriteria-kriteria yang merupakan *critical to quality* langkah berikutnya yang dapat dilakukan adalah mengidentifikasi jenis-jenis cacat yang terkait dengan *critical to quality*. Karakteristik-karakteristik pada produk yang dikelompokkan menjadi cacat produk adalah karakteristik yang dapat mengancam keselamatan pengguna produk. Jenis-jenis cacat produk tersebut antara lain:

##### 1. Bocor

Bocor adalah keadaan dimana *wheel* tidak mampu menahan tekanan udara secara sempurna. Keadaan tersebut menyebabkan adanya udara yang keluar dari *wheel*. Bocor dikelompokkan sebagai cacat produk karena dapat menggagalkan fungsi utama *wheel* untuk ban *tubeless*. Gambar 4.20 berikut ini merupakan gambar cacat bocor.



Gambar 4.20 *Wheel* bocor

Sumber: Dokumentasi pribadi

## 2. Retak

Retak adalah tidak rapatnya bagian dalam *wheel*, sehingga terdapat kerenggangan. Bagian yang retak cenderung rapuh dan mudah terbelah atau pecah. Retak pada *wheel* dapat mengancam keselamatan pengguna kendaraan karena mudah pecah.

## 3. Susut *rim*

Susut *rim* adalah keadaan dimana lingkaran pinggiran *wheel* tidak tercetak dengan baik. Ciri-ciri susut *rim* yaitu permukaan bagian *rim* tidak halus, tidak mengkilat, dan tidak rapat. Cacat susut *rim* dapat dilihat pada Gambar 4.21 berikut.



Gambar 4.21 *Wheel* dengan susut *rim*  
Sumber: Dokumentasi pribadi

## 4. Susut *hub*

Susut *hub* adalah kondisi dimana bagian tengah pada *wheel* tidak tercetak dengan baik. Karakteristik yang menandai susut *hub* yaitu bagian *hub* tidak mengkilat, tidak halus, dan tidak rapat. Gambar 4.22 berikut merupakan gambar cacat susut *hub*.



Gambar 4.22 *Wheel* dengan susut *hub*  
Sumber: Dokumentasi pribadi

## 5. Susut *spoke*

Susut *spoke* adalah keadaan dimana bagian jari-jari pada *wheel* tidak tercetak dengan baik. Susut *spoke* dapat dideteksi dengan melihat bagian *spoke* yang tidak halus, tidak

mengkilat, dan tidak rapat. Gambar 4.23 berikut ini merupakan gambar cacat susut *spoke*.



Gambar 4.23 Wheel dengan susut *spoke*  
Sumber: Dokumentasi pribadi

#### 6. Susut *face*

Susut *face* adalah keadaan adalah suatu kondisi dimana bagian samping *wheel* tidak tercetak dengan baik. Dikatakan tidak baik adalah ketika bagian *face* tidak mengkilat, tidak rapat, dan tidak halus. Cacat susut *face* dapat dilihat pada Gambar 4.24 berikut.



Gambar 4.24 Wheel dengan Susut *Face*  
Sumber: Dokumentasi pribadi

Masing-masing jenis cacat tersebut didokumentasikan oleh perusahaan. Untuk keperluan penelitian, maka digunakan data Oktober 2017 sampai Maret 2018 untuk mengetahui persentase jenis-jenis cacat produk. Berdasarkan data yang didapat dari perusahaan, berikut ini persentase jenis-jenis cacat produk yang telah direpresentasikan ke dalam Tabel 4.2.

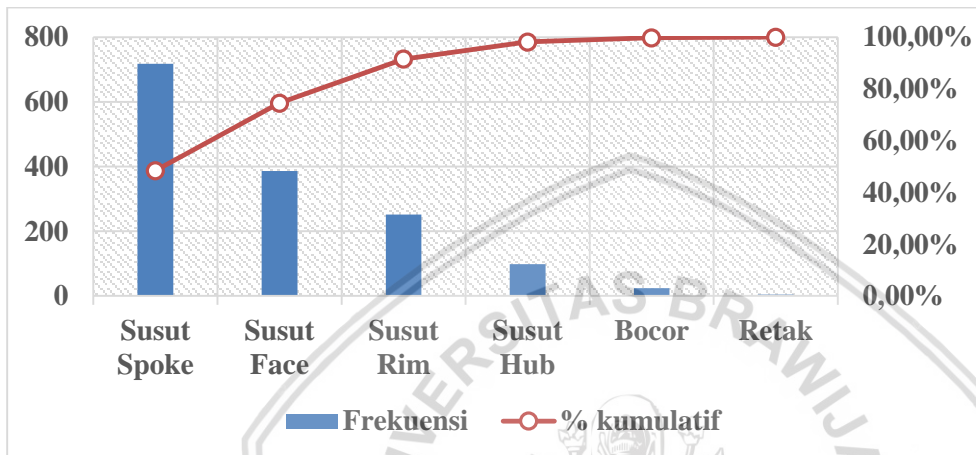
Tabel. 4.2

Jenis Cacat Produk pada *Wheel* MS 626

Jenis Cacat	Frekuensi	Persentase	Frekuensi kumulatif	% kumulatif
Susut <i>Spoke</i>	718	48.45%	718	48.45%
Susut <i>Face</i>	386	26.05%	1104	74.49%
Susut <i>Rim</i>	252	17.00%	1356	91.50%
Susut <i>Hub</i>	98	6.61%	1454	98.11%
Bocor	24	1.62%	1478	99.73%
Retak	4	0.27%	1482	100.00%
<b>Jumlah</b>	1482	100%		

Berdasarkan Tabel 4.2, dapat diketahui jenis-jenis cacat produk beserta jumlahnya yang terjadi pada proses produksi *wheel* tipe MS 626. Jenis cacat yang paling sering terjadi adalah susut *spoke*, sedangkan jenis cacat yang paling jarang terjadi yaitu retak.

Pada penelitian ini, akan dilakukan perbaikan pada jenis cacat yang dominan. Penentuan jenis cacat dominan dilakukan menggunakan diagram pareto. Jenis cacat yang akan dipilih adalah jenis cacat dengan besar persentase akumulasi yaitu  $\pm 80\%$ . Pada Gambar 4.25 ditampilkan diagram pareto yang menjadi dasar penentuan jenis cacat.



Gambar 4.25 Diagram pareto jenis-jenis cacat produk

Pada Gambar 4.25 dapat dilihat bahwa  $\pm 80\%$  dari jumlah cacat terdiri dari jenis cacat susut *spoke*, susut *face*, dan susut *rim*. Jenis-jenis cacat tersebut ditetapkan sebagai jenis cacat dominan yang perlu diperbaiki.

## 4.2.2 Tahap Measure

Untuk melakukan peningkatan kualitas, terlebih dahulu perlu dilakukan pengukuran terhadap proses dan produk yang dihasilkan. Hal-hal yang terkait pengukuran terhadap proses dan produk dilakukan di tahap *measure*. Pengukuran yang dilakukan menggunakan alat statistik yaitu peta kendali P. Selain itu, pengukuran juga dilakukan untuk mengetahui nilai DPMO dan kapabilitas proses.

### 4.2.2.1 Pengendalian Kualitas Proses Statistik

Untuk melakukan pengendalian kualitas salah satunya dapat dilakukan secara statistik, yaitu dengan menyusun data-data cacat produk ke dalam peta kendali P. Hal ini dilakukan untuk melihat variansi cacat yang dihasilkan dari proses produksi. Proses produksi dikatakan stabil apabila memiliki variansi hasil yang kecil. Sebaliknya, jika variansi hasil proses



produksi tersebut besar, maka dikatakan proses tersebut tidak stabil. Berikut ini tahap-tahap pembuatan peta kendali P yang dilakukan untuk masing-masing jenis cacat produk.

1. *P-chart* cacat susut *spoke*

Pembuatan *P-chart* susut *spoke* dilakukan dengan beberapa langkah. Di bawah ini merupakan langkah yang dilakukan untuk membuat *P-chart*. Perhitungan yang dijelaskan berikut ini adalah perhitungan untuk data bulan Oktober 2017. Kemudian, untuk data pada bulan-bulan berikutnya dilakukan perhitungan yang sama. Data cacat susut *spoke* ditampilkan pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3

Data Cacat Susut *Spoke* Bulan Oktober 2017 sampai Maret 2018

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Produk Cacat
Oktober	6881	258
November	6006	156
Desember	2561	78
Januari	1980	66
Februari	2807	76
Maret	4248	84
<b>Jumlah</b>	<b>24483</b>	<b>718</b>

a. Menghitung proporsi produk cacat

$$p = \frac{\sum \text{produk cacat}}{\sum \text{produksi}}$$

$$p = \frac{258}{6881} = 0,03750$$

b. Menghitung *center line* peta kendali proporsi kesalahan

$$CL = \frac{\sum np}{\sum p}$$

$$CL = \frac{718}{24483} = 0,02933$$

c. Menghitung *upper control limit* dan *lower control limit*

$$UCL = CL + 3 \sqrt{\frac{CL(1-CL)}{n}}$$

$$UCL = 0,02933 + 3 \sqrt{\frac{0,02933(1-0,02933)}{6881}} = 0,03543$$

$$LCL = CL - 3 \sqrt{\frac{CL(1-CL)}{n}}$$



$$LCL = 0,02933 - 3 \sqrt{\frac{0,02933(1-0,02933)}{6881}} = 0,02323$$

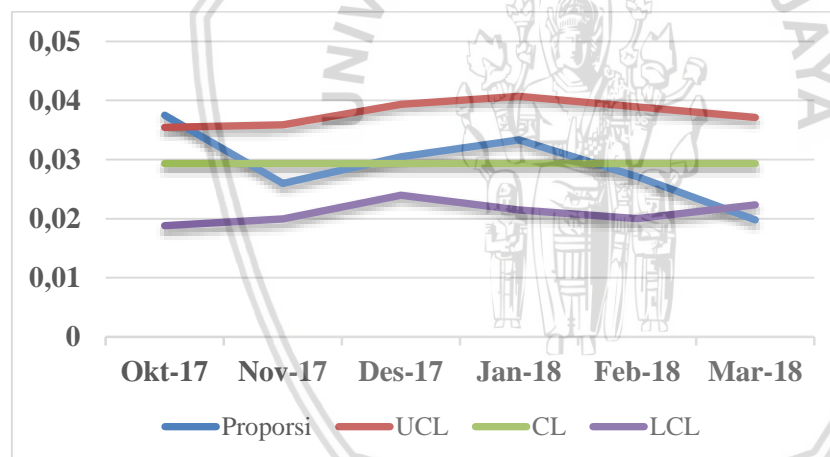
Dengan melakukan perhitungan yang sama untuk data bulan November 2017 sampai Maret 2018, maka didapatkan hasil perhitungan selama enam periode. Rekap hasil perhitungan selama enam periode terdapat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel. 4.4

Hasil Perhitungan *P-chart* Susut *Spoke*

Bulan	Proporsi Produk Cacat	UCL	CL	LCL
Oktober	0,037495	0,035428	0,029326	0,023225
November	0,025974	0,035858	0,029326	0,022795
Desember	0,030457	0,039328	0,029326	0,019325
Januari	0,033333	0,040702	0,029326	0,017951
Februari	0,027075	0,03888	0,029326	0,019773
Maret	0,019774	0,037092	0,029326	0,021561

Data pada Tabel 4.4 disusun dan direpresentasikan ke dalam *P-chart*. Berikut ini *P-chart* untuk jenis cacat susut *spoke* pada *wheel* tipe MS 626.



Gambar 4.26 *P-chart* cacat susut *spoke*

Berdasarkan Gambar 4.26, dapat diketahui bahwa cacat susut *spoke* bersifat fluktuatif. Terdapat 2 nilai proporsi yang melebihi batas kendali, yaitu 1 nilai proporsi melebihi UCL dan 1 nilai proporsi berada di bawah LCL. Variasi yang melebihi batas kendali menandakan bahwa proses belum cukup stabil. Hal tersebut mengindikasikan kualitas proses yang kurang baik.

## 2. *P-chart* cacat susut *face*

Beberapa perhitungan perlu dilakukan untuk membuat *P-chart* cacat susut *face*. Berikut ini akan dijelaskan tahap-tahap perhitungan yang dilakukan. Perhitungan yang dilakukan berikut ini adalah untuk data bulan Oktober 2017. Kemudian, perhitungan

yang sama dilakukan juga untuk data pada bulan berikutnya. Tabel 4.5 menunjukkan hasil perhitungan selama enam periode seperti berikut ini.

Tabel 4.5

Data Cacat Susut *Face* Bulan Oktober 2017 sampai Maret 2018

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Produk Cacat
Oktober	6881	124
November	6006	136
Desember	2561	58
Januari	1980	14
Februari	2807	10
Maret	4248	44
<b>Jumlah</b>	24483	386

- a. Menghitung proporsi produk cacat

$$p = \frac{\sum \text{produk cacat}}{\sum \text{produksi}}$$

$$p = \frac{124}{6881} = 0,01802$$

- b. Menghitung *center line* peta kendali proporsi kesalahan

$$CL = \frac{\sum np}{\sum p}$$

$$CL = \frac{386}{24483} = 0,01577$$

- c. Menghitung *upper control limit* dan *lower control limit*

$$UCL = CL + 3 \sqrt{\frac{CL(1-CL)}{n}}$$

$$UCL = 0,01577 + 3 \sqrt{\frac{0,01577(1-0,01577)}{6881}} = 0,02027$$

$$LCL = CL - 3 \sqrt{\frac{CL(1-CL)}{n}}$$

$$LCL = 0,01577 - 3 \sqrt{\frac{0,01577(1-0,01577)}{6881}} = 0,01126$$

Setelah melakukan perhitungan seperti di atas, maka didapatkan hasil seperti yang dilampirkan pada Tabel 4.6 berikut.

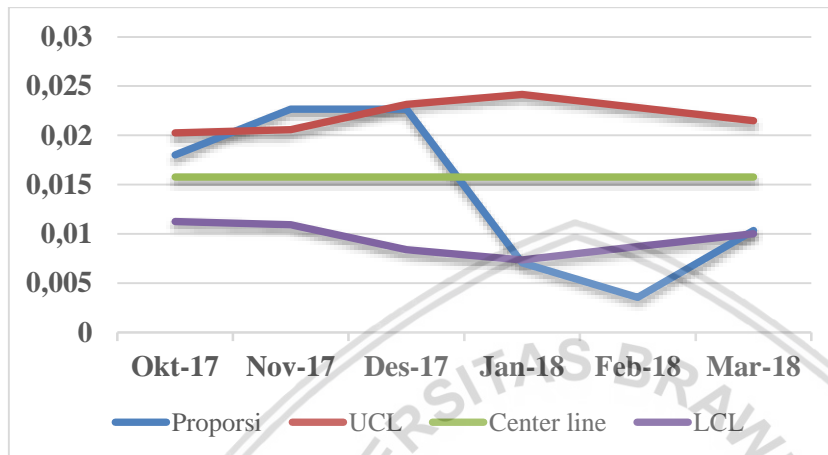
Tabel 4.6

Hasil Perhitungan P-chart Susut *Face*

Bulan	Proporsi Produk Cacat	UCL	CL	LCL
Oktober	0,018021	0,020271	0,015766	0,011261
November	0,022644	0,020588	0,015766	0,010944

Bulan	Proporsi Produk Cacat	UCL	CL	LCL
Desember	0,022647	0,023151	0,015766	0,008381
Januari	0,007071	0,024164	0,015766	0,007368
Februari	0,003563	0,02282	0,015766	0,008712
Maret	0,010358	0,0215	0,015766	0,010032

Data pada tabel di atas disusun dan direpresentasikan ke dalam P-chart. Berikut ini P-chart untuk jenis cacat bocor pada *wheel* MS 626 yang digambarkan pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 P-chart cacat susut face

Pada Gambar 4.27 dapat dilihat bahwa jenis cacat susut *face* bersifat sangat fluktuatif. Terdapat 1 nilai proporsi yang melebihi UCL dan 2 nilai proporsi yang berada di bawah LCL. Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan bahwa proses tidak stabil dan kualitas proses masih kurang baik. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian terkait akar penyebab cacat susut *face* untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas produk.

### 3. P-chart cacat susut rim

Perhitungan-perhitungan yang perlu dilakukan untuk membuat P-chart cacat susut *rim* dijelaskan di bawah ini. Perhitungan yang dijelaskan adalah untuk data bulan Oktober 2017, kemudian, untuk data pada bulan berikutnya dilakukan perhitungan yang sama. Hasil perhitungan dari enam periode ditampilkan pada Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7

Data Cacat Susut Rim

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Produk Cacat
Oktober	6881	24
November	6006	30
Desember	2561	64
Januari	1980	76
Februari	2807	16
Maret	4248	42
<b>Jumlah</b>	<b>24483</b>	<b>252</b>

- a. Menghitung proporsi produk cacat

$$p = \frac{\sum \text{produk cacat}}{\sum \text{produksi}}$$

$$p = \frac{24}{6881} = 0,00349$$

- b. Menghitung *center line* peta kendali proporsi kesalahan

$$CL = \frac{\sum np}{\sum p}$$

$$CL = \frac{252}{24483} = 0,01029$$

- c. Menghitung *upper control limit* dan *lower control limit*

$$UCL = CL + 3 \sqrt{\frac{CL(1-CL)}{n}}$$

$$UCL = 0,01029 + 3 \sqrt{\frac{0,01029(1-0,01029)}{6881}} = 0,01394$$

$$LCL = CL - 3 \sqrt{\frac{CL(1-CL)}{n}}$$

$$LCL = 0,01029 - 3 \sqrt{\frac{0,01029(1-0,01029)}{6881}} = 0,00664$$

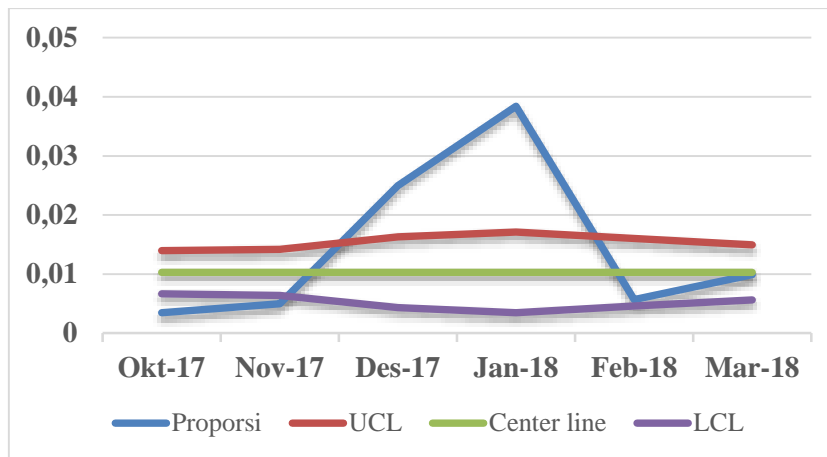
Perhitungan yang dijelaskan di atas dilakukan untuk data bulan November 2017 sampai Maret 2018. Sehingga, menghasilkan data untuk enam periode. Data hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada Tabel 4.8 berikut:

Tabel. 4.8

Hasil Perhitungan P-chart Cacat Susut Rim

Bulan	Proporsi Produk Cacat	UCL	CL	LCL
Oktober	0,003488	0,013943	0,010293	0,006643
November	0,004995	0,0142	0,010293	0,006386
Desember	0,02499	0,016276	0,010293	0,00431
Januari	0,038384	0,017098	0,010293	0,003488
Februari	0,0057	0,016008	0,010293	0,004578
Maret	0,009887	0,014939	0,010293	0,005647

Data pada tabel di atas kemudian disusun dan direpresentasikan ke dalam P-chart. Berikut ini P-chart untuk jenis cacat susut rim pada wheel MS 626 yang ditampilkan pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 P-chart cacat susut rim

Gambar 4.28 menunjukkan bahwa cacat susut rim yang terjadi pada wheel MS 626 bersifat fluktuatif. Dapat dilihat bahwa terdapat 2 nilai proporsi yang melebihi UCL dan terdapat 2 nilai proporsi yang berada di bawah LCL. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses kurang stabil. Sehingga, dapat dikatakan bahwa kualitas proses masih kurang baik dan perlu ditingkatkan. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait akar penyebab cacat susut rim untuk kemudian diperbaiki demi meningkatkan kualitas produk.

#### 4.2.2.2 Perhitungan Nilai DPMO dan Level Sigma

Perhitungan nilai DPMO dan level sigma diperlukan untuk mengetahui *baseline* kinerja. Nilai DPMO dan level sigma yang dihitung berguna untuk membandingkan kinerja saat ini dan kinerja setelah dilakukan perbaikan. Perhitungan DPMO dan sigma dilakukan untuk masing-masing jenis cacat. Berikut ini perhitungan DPMO dan sigma yang dilakukan.

##### 1. Perhitungan nilai DPMO

Perhitungan Nilai DPMO yang dijelaskan di bawah ini adalah untuk jenis cacat susut spoke. Kemudian, untuk jenis cacat lainnya dilakukan juga perhitungan yang sama.

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah unit cacat}}{\text{Total unit}} \times 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{718}{24483} \times 1.000.000 = 29326$$

##### 2. Perhitungan level sigma

Perhitungan level sigma yang dijelaskan berikut ini adalah untuk jenis cacat susut spoke. Perhitungan yang sama dilakukan juga untuk jenis cacat lainnya.

$$\text{Level Sigma} = \text{normsinv} \left( \frac{1000000 - \text{DPMO}}{1000000} \right) + 1,5$$

$$\text{Level Sigma} = \text{normsinv} \left( \frac{1000000 - 29326}{1000000} \right) + 1,5 = 3,39$$

Kemudian, perhitungan tersebut dilakukan untuk jenis cacat lain yaitu susut *face* dan susut *rim*. Sehingga menghasilkan nilai DPMO dan level sigma untuk masing-masing jenis cacat. Hasil perhitungan nilai DPMO dan level sigma dilampirkan pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9  
Nilai DPMO dan Level Sigma

Jenis Cacat	DPMO	Level Sigma
Susut <i>spoke</i>	29.326	3,39
Susut <i>rim</i>	10.293	3,82
Susut <i>face</i>	15.766	3,65

Berdasarkan Tabel 4.9 yang merupakan rekapitulasi data nilai DPMO dan level sigma, dapat dilihat bahwa nilai DPMO masih tinggi, yaitu 29.326 untuk susut *spoke*, 10.293 untuk susut *rim*, dan 15.766 untuk susut *face*. Selain itu, level sigma masih rendah, yaitu 3,39 untuk susut *spoke*, 3,82 untuk susut *rim*, dan 3,65 untuk susut *face*. Hal tersebut dapat diartikan bahwa kualitas proses produksi masih kurang baik dan perlu ditingkatkan.

#### 4.2.2.3 Perhitungan Kapabilitas Proses

Nilai kapabilitas proses adalah suatu tolak ukur untuk mengetahui kemampuan proses dalam memenuhi tujuannya. Perhitungan kapabilitas proses pada tahap ini diperlukan untuk mengukur kemampuan proses produksi dalam menghasilkan *wheel* yang sesuai dengan spesifikasi. Kapabilitas proses produksi *wheel* dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$C_p = \frac{\text{level sigma}}{3}$$

$$C_{p_{\text{susut spoke}}} = \frac{3,39}{3} = 1,130$$

$$C_{p_{\text{susut rim}}} = \frac{3,82}{3} = 1,272$$

$$C_{p_{\text{susut face}}} = \frac{3,65}{3} = 1,217$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan nilai kapabilitas untuk susut *spoke* sebesar 1,130, untuk susut *rim* sebesar 1,272, dan untuk susut *face* sebesar 1,217. Rata-rata kapabilitas proses yaitu dihitung sebagai berikut.

$$C_{p_{\text{rata-rata}}} = \frac{1,130 + 1,272 + 1,217}{3} = 1,206$$



Nilai rata-rata kapabilitas proses yaitu 1,206. Maka, dapat dikatakan bahwa kapabilitas proses cukup mampu meskipun masih kurang baik. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan pada proses untuk meningkatkan kualitasnya.

### 4.3 Analisis dan Pembahasan

Analisis terkait produk cacat dilakukan seiringan dengan tahap *analyze* dari siklus DMAI. Hasil analisis akan dibahas secara rinci dan mendalam. Selain itu, dilanjutkan ke tahap *improve* dari siklus DMAI. Berikut ini analisis dan pembahasan yang terdiri dari tahap *analyze* dan tahap *improve*.

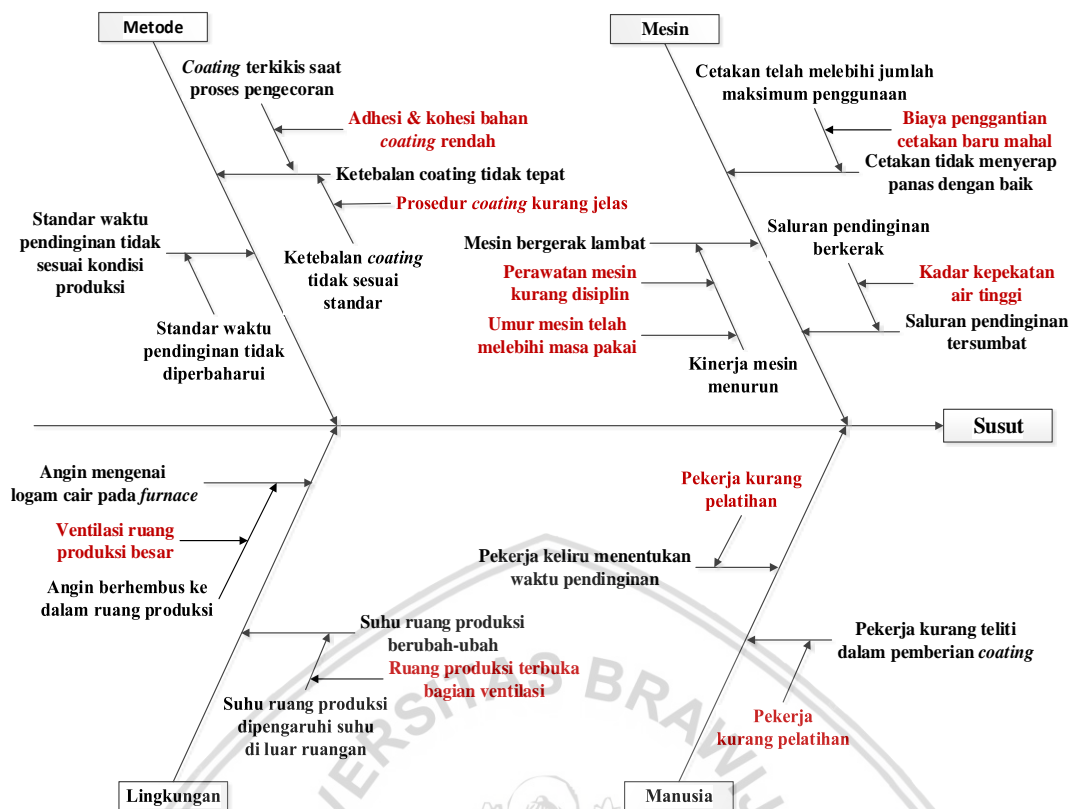
#### 4.3.1 Tahap *Analyze*

Perbaikan cacat produk dapat dilakukan jika diketahui penyebabnya. Produk cacat dapat terjadi karena hasil serangkaian aktivitas pada proses produksi. Penyelidikan atas aktivitas produksi diperlukan untuk mengetahui apa yang menyebabkan produk cacat. Penyelidikan dilakukan dengan cara menganalisis setiap jenis cacat untuk menemukan akar penyebabnya.

Pada tahap analisis, yang pertama perlu diketahui adalah penyebab cacat produk. Diperlukan beberapa perangkat untuk membantu proses analisis. Perangkat yang digunakan adalah diagram sebab akibat dan FMEA. Diagram sebab akibat digunakan untuk menggambarkan keterkaitan antara sebab dan akibat pada masing-masing jenis cacat. FMEA digunakan untuk mengetahui kegagalan pada proses yang paling beresiko.

##### 4.3.1.1 Diagram Sebab Akibat

Penyelidikan dilakukan terhadap jenis cacat susut *spoke*, susut *face*, dan susut *rim*. Melalui penyelidikan yang telah dilakukan, ketiga jenis cacat akan digambarkan pada satu diagram sebab akibat karena memiliki faktor-faktor penyebab yang sama. Diagram sebab akibat dibuat berdasarkan hasil diskusi dengan *foreman* dan staf bagian *casting*, *engineer*, dan kepala HRD. Gambar 4.29 berikut ini merupakan diagram sebab akibat cacat susut pada *wheel* MS 626.



Gambar 4.29 Diagram sebab akibat



Gambar 4.30 Susut Spoke  
Sumber: Dokumentasi pribadi



Gambar 4.31 Susut Rim  
Sumber: dokumentasi pribadi



Gambar 4.32 Susut face

Sumber: Dokumentasi pribadi

Diagram sebab akibat terdiri dari 4 faktor penyebab. Empat faktor penyebab tersebut dikategorikan sebagai mesin, metode, manusia dan lingkungan. Penyebab-penyebab cacat susut dijelaskan sebagai berikut.

### 1. Mesin

#### a. Saluran pendinginan tersumbat.

Pada proses pengecoran, pendinginan adalah hal utama untuk transformasi logam dari fase cair ke padat. Salah satu penyebab utama penyusutan pada proses pengecoran adalah terjadinya solidifikasi yang tidak sempurna. Proses solidifikasi dibantu oleh pendinginan logam cair dalam cetakan. Pendinginan dilakukan dengan pemberian air dan udara ke bagian-bagian dalam cetakan melalui saluran pendinginan. Kelancaran proses pendinginan sangat mempengaruhi transformasi logam dari fase cair ke padat. Jika pendinginan tidak lancar, maka logam akan membeku pada waktu yang tidak sesuai dengan yang telah ditetapkan. Pendinginan di setiap bagian *wheel* dipengaruhi oleh saluran pendinginan yang berbeda-beda. Bagian *Spoke* yang merupakan bagian dari *wheel* yang terletak di tengah dekat titik pusat. Pendinginan bagian *spoke* dipengaruhi oleh saluran pendinginan di bagian tengah, yaitu *PCD cooling* dan *steel core cooling*. Bagian *rim* merupakan bagian dari *wheel* yang terletak di pinggir bagian lingkaran luar *wheel*. Pendinginan bagian *rim* dipengaruhi oleh saluran pendinginan di bagian samping, yaitu *side gate cooling*. Bagian *face* merupakan bagian dari *wheel* yang terletak di depan. Pendinginan bagian *face* dipengaruhi oleh saluran pendinginan di bagian depan tengah, yaitu *PCD cooling*. Jika terdapat saluran pendinginan tersebut yang tersumbat, maka proses pendinginan akan terganggu dan menyebabkan susut pada bagian *spoke*. Saluran pendinginan yang tersumbat disebabkan karena adanya kerak pada dinding dan lubang saluran. Kerak tersebut terbentuk dari kadar TDS yang tinggi pada air yang digunakan untuk proses pendinginan. TDS atau Total Dissolved Solid menunjukkan jumlah padatan yang terlarut dalam cairan. Kadar

TDS pada air tersebut sebesar 270 mg/l. Sedangkan, untuk mencegah kerak pada saluran pendinginan, air yang baik digunakan yaitu air dengan TDS mendekati 0.

b. Cetakan tidak menyerap panas dengan baik.

Cetakan berfungsi untuk menahan bentuk logam cair hingga menjadi padat. Logam cair yang dituangkan ke dalam cetakan berada pada suhu yang sangat tinggi, yaitu  $\pm 720^{\circ}\text{C}$ . Suhu tersebut harus dijaga agar tetap stabil hingga seluruh bagian cetakan telah terisi logam cair dan proses pendinginan dimulai. Pada proses ini terdapat perbedaan suhu antara cetakan dan logam cair, dimana suhu cetakan lebih rendah dari suhu logam cair. Suhu cetakan pun harus stabil, apabila suhu cetakan turun secara signifikan maka dapat menyebabkan suhu logam cair pun turun sebelum proses pendinginan dimulai. Oleh karena itu, cetakan yang tidak dapat menyerap panas dengan baik dapat menyebabkan pemadatan logam terjadi tidak tepat waktu dan menyebabkan susut. Kemampuan cetakan dalam menyerap panas dipengaruhi umur cetakan. Cetakan yang sudah lama ataupun sudah sangat sering digunakan untuk pengecoran, maka kemampuannya dalam menyerap panas akan menurun. Masa pakai cetakan dinyatakan dengan jumlah penggunaan maksimum cetakan, yaitu 20.000 *shot*. Cetakan yang digunakan lebih dari 20.000 *shot* akan mengalami penurunan kinerja salah satunya kemampuan menyerap panas yang sudah tidak baik lagi. Namun, cetakan yang digunakan sudah melebihi 20.000 *shot*. Hal ini dikarenakan besarnya biaya yang perlu dikeluarkan untuk cetakan baru.

c. Mesin bergerak lambat

Mesin *casting* membantu dalam proses penuangan logam cair, pengaturan posisi cetakan, hingga pelepasan *wheel* dari cetakan. Proses-proses tersebut membutuhkan banyak pergerakan pada mesin, oleh karena itu keberhasilan proses pengecoran juga sangat dipengaruhi oleh pergerakan mesin. Apabila pergerakan mesin lambat, proses akan tertunda. Penundaan tersebut dapat menyebabkan suhu logam cair akan menurun. Akibatnya, logam cair sudah membeku ketika logam cair dituangkan ke dalam cetakan, sehingga terjadi susut. Pergerakan mesin yang lambat merupakan dampak dari penurunan kinerja mesin. Penurunan kinerja tersebut terjadi karena mesin yang digunakan telah melebihi masa pakai. Rata-rata masa pakai mesin dengan pemakaian wajar dan perawatan yang baik adalah 10 tahun. Perawatan mesin yang dilakukan bersifat preventif, yaitu pemeliharaan hidrolik mesin *casting* dan pelumas pada hidrolik. Namun, perawatan tersebut belum dilakukan secara disiplin dari aspek waktu dan jadwal.

## 2. Manusia

### a. Pekerja kurang teliti dalam pemberian *coating*

*Coating* atau pelapisan pada cetakan adalah hal utama dalam mengendalikan proses pendinginan. *Coating* pada cetakan berfungsi untuk mengatur cepat atau lambatnya pelepasan panas pada cetakan. Semakin tebal *coating*, maka semakin lama panas pada cetakan bertahan. Namun sebaliknya, semakin tipis *coating*, maka semakin cepat panas pada cetakan terlepas. Pada bagian yang diinginkan membeku lebih awal, maka diperlukan *coating* yang tipis, tetapi untuk bagian yang perlu membeku terakhir, maka *coating* diperlukan yang tebal. Ketebalan *coating* yang tidak tepat, dapat mengganggu proses transformasi logam dari fase cair ke padat. Proses *coating* cetakan dilakukan secara manual oleh pekerja. *Coating* diberikan di semua bagian cetakan. Kesalahan ketebalan *coating* dapat mengganggu pemadatan logam di bagian tersebut, sehingga terjadi susut. Kurangnya ketelitian pekerja adalah salah satu penyebab kesalahan tebal *coating* pada cetakan. Penyebab kurangnya ketelitian pekerja dalam pemberian *coating* disebabkan kurangnya pelatihan untuk pekerja. Pelatihan yang dilakukan hanya berupa pelatihan dari atasan di awal masa kerja.

### b. Pekerja keliru menentukan waktu pendinginan.

Proses pendinginan dikendalikan dengan waktu pendinginan pada masing-masing bagian *wheel*. Jika waktu pendinginan tidak tepat, maka pemadatan logam terjadi tidak sesuai alur pendinginan. Kesalahan penentuan waktu pendinginan ini dilakukan oleh pekerja, yang dapat menyebabkan *wheel* pada bagian tertentu terlambat membeku. Waktu pendinginan untuk bagian *spoke*, *rim*, dan *face* berbeda-beda. Bagian *spoke* dan *face* seharusnya bagian yang mengalami pendinginan lebih awal, namun kesalahan waktu pendinginan menyebabkan *spoke* membeku terakhir, sehingga terjadi susut pada *spoke* dan *face*. Sedangkan, bagian *rim* seharusnya bagian yang mengalami pendinginan lebih lama dibandingkan beberapa bagian lain. Jika waktu pendinginan tidak tepat, maka pemadatan logam cair pada bagian *rim* terjadi terlalu cepat. Kekeliruan pekerja tersebut disebabkan oleh kurangnya pelatihan. Pelatihan yang diberikan hanya pada awal masa kerja yang dilakukan oleh atasan.

## 3. Metode

### a. Ketebalan *coating* tidak tepat.

*Coating* pada cetakan berfungsi untuk mengendalikan panas pada cetakan. Apabila ketebalan *coating* di bagian tertentu salah, maka akan mempengaruhi suhu cetakan



dan lama waktu pendinginan. *Coating* pada bagian di cetakan yang terlalu tebal menyebabkan cetakan menahan panas lebih lama, sehingga bagian tersebut lama membeku. Sebaliknya, jika *coating* terlalu tipis maka cetakan lebih cepat melepas panas, sehingga proses pendinginan lebih cepat dan bagian tersebut lebih cepat membeku. *Spoke* dan *rim* merupakan bagian *wheel* yang diharapkan membeku lebih cepat dari bagian-bagian yang lain, sehingga *coating* pada bagian ini pun harus lebih tipis dari bagian yang lain. Sedangkan, *rim* merupakan bagian *wheel* yang diharapkan membeku sedikit lebih lama dari beberapa bagian-bagian yang lain, sehingga *coating* pada bagian ini pun harus lebih tebal dari bagian yang lain. Oleh karena itu, ketebalan *coating* akan mempengaruhi proses pemadatan logam cair, dan apabila tidak tepat dapat menyebabkan susut pada *wheel*. Kesalahan ketebalan *coating* disebabkan oleh dua hal yaitu:

1) *Coating* terkikis saat proses pengecoran.

Pada saat proses pengecoran, *coating* mengalami kontak langsung dengan logam cair dengan suhu yang sangat tinggi dalam waktu yang cukup hingga logam tersebut membeku. Hal tersebut menyebabkan *coating* dapat menempel pada *wheel* dan terus terkikis akibat pemakaian. Semakin sering cetakan digunakan untuk proses pengecoran, maka *coating* akan semakin terkikis, sehingga tidak lagi sesuai dengan standar. *coating* dapat terkikis atau berkurang dikarenakan adhesi dan kohesi bahan *coating* yang rendah.

2) Ketebalan *coating* tidak sesuai standar.

Standar ketebalan *coating* telah diberlakukan untuk masing-masing bagian cetakan. Terdapat dua bagian cetakan untuk *spoke* dengan standar ketebalan yang berbeda-beda. Standar ketebalan untuk bagian *spoke* didekat *hub* yaitu antara 100 $\mu$  - 150 $\mu$ , sedangkan untuk bagian *end of spoke* yaitu antara 5 $\mu$  - 10 $\mu$ . Untuk bagian *rim*, standar ketebalan yang ditetapkan yaitu antara 350 $\mu$  - 400 $\mu$ . Untuk bagian *face*, standar ketebalan yang ditetapkan yaitu antara 20 $\mu$  - 30 $\mu$ . Namun, terkadang pemberian *coating* yang dilakukan tidak sesuai dengan standar. Penyimpangan dari standar inilah yang menyebabkan ketebalan *coating* tidak tepat. Penyimpangan tersebut dapat terjadi karena belum adanya prosedur yang rinci untuk proses *coating*.

b. Standar waktu pendinginan tidak sesuai dengan kondisi produksi.

Waktu pendinginan berfungsi untuk mengendalikan alur pendinginan pada transformasi logam dari fase cair ke padat. Oleh karena itu, standar waktu



pendinginan berperan sangat besar. Namun, seiring berjalannya waktu standar waktu pendinginan tidak selalu tetap. Standar waktu pendinginan dapat berubah-ubah pada rentang waktu  $280 \pm 20$  detik –  $320 \pm 20$  detik. Dengan banyaknya variabel terkait kondisi produksi, seperti kinerja mesin, pekerja, dan jumlah produksi, standar waktu pendinginan perlu mengalami perubahan. Apabila standar waktu pendinginan tidak tepat, maka alur pendinginan akan berantakan. Terdapat urutan bagian *wheel* yang harus membeku lebih awal ataupun lebih lama untuk mengatasi terjadinya susut. Sehingga, jika alur pendinginan tidak berjalan semestinya, maka akan terjadi susut. Standar waktu pendinginan yang tidak diperbaharui menjadi penyebab ketidaksesuaian standar waktu tersebut.

#### 4. Lingkungan

##### a. Suhu ruang produksi berubah-ubah.

Suhu pembakaran, cetakan, dan material sangat terkait dengan suhu ruangan. suhu ruangan yang berubah-ubah secara signifikan dapat menyebabkan proses pengecoran pun tidak stabil. Pengaturan yang telah disesuaikan pada kondisi suhu tertentu dapat berubah sewaktu-waktu dan tidak lagi berhasil untuk kondisi suhu yang berbeda secara signifikan. Penyebab ketidakstabilan suhu ruang produksi adalah adanya pengaruh dari suhu di luar ruangan. Produksi dilakukan sepanjang hari, sehingga perbedaan suhu siang dan malam mempengaruhi suhu di dalam ruang produksi. Selain itu, perbedaan cuaca dan musim pun dapat mempengaruhi suhu di dalam ruang produksi. Pengaruh suhu di luar ruangan karena ruang produksi terbuka, yaitu pada bagian ventilasi yang besar.

##### b. Angin mengenai logam cair pada *furnace*.

Logam cair perlu dijaga suhunya untuk mempertahankan logam tetap pada fase cair hingga proses pendinginan dimulai. Logam cair dapat memasuki fase padat ketika suhu logam cair menurun, salah satu penyebabnya adalah angin. Angin yang bersentuhan langsung dengan permukaan logam cair dapat menyebabkan permukaan logam cair membeku lebih dulu. Angin tersebut berasal dari luar ruangan ke dalam ruang produksi melalui ventilasi. Angin yang memasuki ruangan produksi disebabkan oleh kondisi ruang produksi yang memiliki ventilasi yang besar.

#### 4.3.1.2 Failure Mode Effect Analysis

FMEA digunakan untuk menyelidiki mode kegagalan yang mungkin terjadi pada proses pengecoran *wheel*. Selain itu, dengan FMEA juga dapat diketahui penyebab dan dampak dari kegagalan tersebut. Analisis ini bertujuan untuk mencari prioritas mode kegagalan yang beresiko paling tinggi. Penilaian resiko memiliki beberapa aspek, yaitu *severity* (keparahan), *occurrence* (kejadian), dan *detection* (deteksi). Penilaian resiko masing-masing aspek dilakukan dengan memberikan peringkat. Peringkat terdiri dari 1 sampai 10 dan masing-masing memiliki kriteria untuk memperjelas pemeringkatan pada ketiga aspek. Kriteria penilaian aspek resiko dijelaskan pada Tabel 4.11, Tabel 4.12, dan Tabel 4.13 yang merupakan modifikasi dari kriteria penilaian pada literature.

##### 1. Severity (Keparahan)

Aspek *severity* memiliki tujuan untuk mengetahui tingkat keparahan dari dampak mode kegagalan. Penilaian *severity* berada pada rentang nilai 1 – 10. Nilai 1 menunjukkan bahwa dampak mode kegagalan tidak parah. Nilai 10 menunjukkan bahwa dampak mode kegagalan sangat parah. Kriteria masing-masing nilai dijelaskan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10

Kriteria Penilaian Modifikasi *Severity* (Keparahan)

Efek	Kriteria	Peringkat
Tidak ada	Produk dan proses produksi tidak terkena dampak apa pun.	1
Sangat minor	a. Sedikit mempengaruhi proses, operasi, dan pekerja. b. Memerlukan penyesuaian dengan situasi. c. Cacat disadari oleh < 25% jumlah pelanggan d. Produk tidak sesuai spesifikasi tetapi dapat diterima	2
Minor	a. Sedikit mempengaruhi proses, operasi, dan pekerja. b. Produk tidak sesuai spesifikasi tetapi dapat diterima. c. Cacat disadari oleh 25% – 50% jumlah pelanggan. d. Semua pekerja dapat menyadari kegagalan yang terjadi.	3
Sangat rendah	a. Sedikit mempengaruhi proses, operasi, dan pekerja. b. Cacat disadari oleh > 50% jumlah pelanggan. c. Produk tidak sesuai spesifikasi tetapi dapat diterima. d. Rata-rata pekerja dapat menyadari kegagalan yang terjadi.	4
Rendah	a. Sedikit mempengaruhi proses, operasi, dan pekerja. b. Produk dapat digunakan dengan tingkat kinerja yang sedikit berkurang. c. Sedikit pekerja yang dapat menyadari kegagalan yang terjadi.	5
Sedang	a. Sedikit mempengaruhi proses, operasi, dan pekerja. b. Produk cacat mempengaruhi 1 – 2 proses berikutnya. c. Hanya pekerja yang jeli yang dapat menyadari kegagalan tersebut. d. Pengguna merasakan penurunan kinerja produk.	6

Efek	Kriteria	Peringkat
Tinggi	a. Sedikit mempengaruhi proses, operasi, dan pekerja. b. Produk cacat mempengaruhi 3 – 4 proses berikutnya. c. Hanya pekerja yang jeli yang dapat menyadari kegagalan tersebut. d. Pengguna akhir merasakan akibat buruk yang berada dalam batas toleransi.	7
Sangat Tinggi	a. Sangat mempengaruhi proses, operasi, dan pekerja. b. Produk cacat mempengaruhi 4 – 6 proses berikutnya. c. Produk menjadi waste pada proses berikutnya. d. Hanya operator yang jeli yang dapat menyadari kegagalan tersebut. e. Pengguna akhir merasakan akibat buruk yang berada diluar batas toleransi.	8
Berbahaya dengan peringatan	a. Kegagalan langsung menjadi waste. b. Dapat membahayakan keselamatan pekerja. c. Menimbulkan kerusakan mesin. d. Kegagalan terjadi dengan didahului peringatan.	9
Berbahaya tanpa adanya peringatan	a. Dapat membahayakan keselamatan pekerja b. Menimbulkan kerusakan mesin. c. Kegagalan langsung menjadi waste. d. Kegagalan terjadi tanpa adanya peringatan terlebih dahulu.	10

## 2. Occurrence (Kejadian)

Aspek *occurrence* bertujuan untuk menilai kemungkinan atau probabilitas terjadinya kegagalan. Penilaian ini dilakukan secara subyektif berdasarkan pengalaman pihak internal perusahaan. Nilai *occurrence* berada pada rentang nilai 1 – 10. Nilai 1 menunjukkan kejadian memiliki probabilitas yang rendah. Nilai 10 menunjukkan bahwa kejadian memiliki probabilitas yang tinggi. Kriteria masing-masing penilaian dijelaskan pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11

Kriteria Penilaian Modifikasi *Occurrence* (Kejadian)

Penyebab	Kriteria	Peringkat
Sangat rendah	Satu kali selama $\geq 5$ tahun	1
Rendah	Satu kali selama 3 – 4 tahun	2
	Satu kali selama 2 tahun	3
Sedang	Satu kali selama 1 tahun	4
	Satu kali selama 6 – 11 bulan	5
	Satu kali selama 1 – 5 bulan	6
Tinggi	Satu kali selama 2 – 3 minggu	7
	Satu kali selama 1 minggu	8
	Lebih dari satu kali dalam 1 minggu	9
Sangat tinggi	Lebih dari satu kali dalam 1 hari	10

## 3. Detection (Deteksi)

Aspek *detection* bertujuan untuk mengetahui keberhasilan pengendalian yang diterapkan dalam menangani resiko kegagalan. Selain itu, aspek ini juga membantu dalam menilai kemudahan dalam mendeteksi kegagalan. Nilai *detection* berada pada

rentang 1 – 10. Nilai 1 menunjukkan bahwa kegagalan sangat mudah terdeteksi atau metode pengendalian sangat efektif dalam mencegah kegagalan. Nilai 10 menunjukkan bahwa kegagalan sangat sulit terdeteksi atau metode pengendalian tidak efektif dalam mencegah kegagalan. Kriteria penilaian masing-masing peringkat dijelaskan pada Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12

Kriteria Penilaian Modifikasi *Detection* (Deteksi)

Deteksi	Kriteria	Peringkat
Hampir pasti	Metode pengendalian sangat efektif, dapat mencegah kegagalan terjadi sebelum proses produksi mulai.	1
Sangat tinggi	Metode pengendalian masih memungkinkan penyebab terjadi, namun sangat sedikit, dapat mencegah kegagalan sebelum proses produksi dimulai.	2
Tinggi	Metode pengendalian masih memungkinkan penyebab terjadi, namun jarang, dapat mencegah kegagalan sebelum proses produksi dimulai.	3
Sedikit tinggi	Metode pengendalian masih memungkinkan penyebab kadang-kadang terjadi, dapat mengetahui kegagalan dengan inspeksi visual dan dapat mencegah sebelum proses produksi dimulai.	4
Sedang	Metode pengendalian masih memungkinkan penyebab sedikit sering terjadi, dapat mengetahui kegagalan dengan alat khusus ketika proses produksi berjalan.	5
Rendah	Metode pengendalian masih memungkinkan penyebab sedikit sering terjadi, dapat mengetahui kegagalan dengan inspeksi visual setelah proses produksi selesai.	6
Sangat rendah	Metode pengendalian masih memungkinkan penyebab sering terjadi, dapat mengetahui kegagalan dengan alat khusus setelah proses produksi selesai.	7
Jarang	Metode pengendalian masih memungkinkan penyebab sering terjadi, dapat mengetahui kegagalan dengan alat khusus dan inspeksi visual oleh ahli setelah proses produksi selesai.	8
Sangat jarang	Metode pengendalian memungkinkan penyebab sangat sering terjadi, dapat mengetahui kegagalan melalui proses yang kompleks dan membutuhkan waktu lama setelah proses produksi selesai.	9
Hampir tidak mungkin	Metode pengendalian tidak dapat mencegah terjadinya penyebab kegagalan, sehingga kegagalan akan selalu terjadi.	10

Ketiga kriteria tersebut akan menghasilkan *risk priority number* (RPN). Semakin tinggi nilai RPN, maka semakin tinggi prioritasnya untuk mendapat penanganan resiko. Oleh karena itu, FMEA dapat digunakan untuk mencari penyebab cacat yang merupakan prioritas tertinggi.

Analisis FMEA dapat dilakukan dengan bantuan diagram fishbone yang telah disusun sebelumnya. Berdasarkan *root cause analysis* tersebut, diketahui bahwa faktor-faktor penyebab ketiga jenis cacat sama. Pada analisis menggunakan FMEA, analisis akan disusun menjadi satu. Analisis FMEA cacat penyusutan dijelaskan pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13  
FMEA Cacat Susut

Potensi Mode Kegagalan	Pengaruh Kegagalan	S	Penyebab Kegagalan	O	Pengendalian	D	RPN
Proses pendinginan tidak lancar	Logam cair terlambat memadat	6	Terdapat kerak pada saluran pendinginan	7	Pembersihan dengan cairan asam	6	252
Suhu cetakan terlalu rendah	Logam cair tidak dapat mengisi rongga cetakan dengan sempurna	7	Penggunaan cetakan yang telah melebihi masa pakai	7	Perawatan cetakan secara berkala	5	245
Pergerakan mesin lambat	Suhu logam cair menurun sebelum proses pengecoran	7	Kinerja mesin menurun	5	Perawatan mesin secara berkala	5	175
Standar waktu pendinginan tidak sesuai kondisi produksi	Proses pemadatan logam cair tidak sesuai alur	7	Standar waktu pendinginan tidak diperbaharui secara teratur	6	Perubahan waktu pendinginan oleh <i>foreman</i>	7	294
Penurunan suhu cetakan tidak sesuai waktu yang ditentukan	Logam cair pada cetakan terlalu cepat memadat	6	Ketebalan <i>coating</i> tidak sesuai standar yang ditentukan	7	Pengukuran hasil <i>coating</i>	7	294
			<i>coating</i> terkikis saat proses pengecoran	10	<i>Re coating</i> setelah pengecoran	4	240
Pekerja kurang teliti memberi <i>coating</i>	<i>Coating</i> tidak sesuai standar	6	Pekerja kurang pelatihan	8	Pelatihan oleh <i>foreman</i> di awal masa kerja	8	384
Pekerja keliru menentukan waktu pendinginan	Proses pendinginan tidak berjalan dengan sempurna	7	Pekerja kurang pelatihan	8	Pelatihan oleh <i>foreman</i> di awal masa kerja	8	448
Logam cair terkena angin	Logam cair membeku sebelum proses pengecoran	7	Ruang produksi terbuka	9	Belum ada	9	567
Suhu ruang produksi tidak stabil	Proses pengecoran tidak stabil	5	Ruang produksi terbuka	9	Belum ada	9	405

Pada Tabel 4.13 dapat dilihat urutan nilai RPN yang dihasilkan dari perkalian nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Urutan nilai RPN tersebut menjadi dasar pemilihan prioritas rekomendasi perbaikan. Rekomendasi perbaikan akan diberikan untuk kegagalan dengan  $RPN > 370$ . Penentuan nilai tersebut berdasarkan nilai tengah pada jangkauan nilai RPN. Potensi kegagalan dengan RPN yang terpilih yaitu logam cair terkena angin dengan



RPN 567. Kegagalan ini dapat menyebabkan proses pengecoran tidak stabil, serta disebabkan oleh kondisi ruang produksi yang terbuka. Potensi kegagalan terpilih yang kedua yaitu pekerja keliru dalam menentukan waktu pendinginan dengan RPN 448, yang menyebabkan proses pendinginan tidak berjalan dengan sempurna, hal ini disebabkan oleh pekerja yang kurang pelatihan. Kemudian, potensi kegagalan dengan RPN 405 yaitu suhu ruang produksi tidak stabil yang berpengaruh pada proses pengecoran yang tidak stabil, hal ini disebabkan oleh kondisi ruang produksi yang terbuka. Yang terakhir yaitu pekerja kurang teliti memberi *coating* dengan RPN 384. Hal itu menyebabkan ketebalan *coating* tidak sesuai standar, selain itu juga disebabkan oleh kurangnya pelatihan pekerja. Berikut ini rekap hasil pemilihan nilai RPN berdasarkan analisis menggunakan FMEA pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14

Rekap Hasil Perhitungan RPN Tertinggi

Potensi Kegagalan	RPN
Logam cair terkena angin	567
Pekerja keliru menentukan waktu pendinginan	448
Suhu ruang produksi tidak stabil	405
Pekerja kurang teliti memberi <i>coating</i>	384

#### 4.3.2 Tahap *Improve*

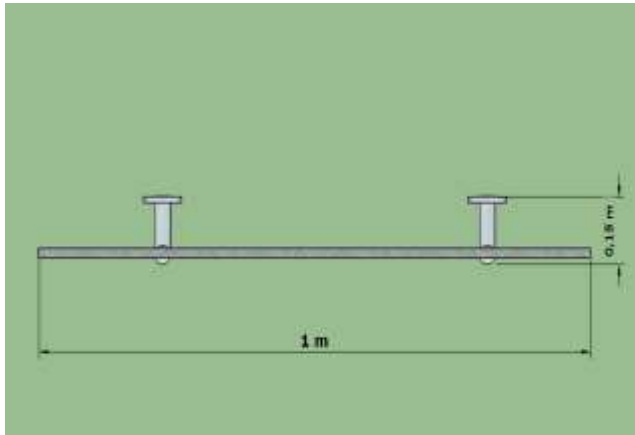
Tahap *improve* merupakan proses perancangan rekomendasi perbaikan untuk membantu mengurangi terjadinya cacat susut *spoke*, *rim*, dan *face*. Rekomendasi perbaikan dirancang untuk kegagalan-kegagalan yang terpilih pada tahap *analyze*. Terdapat empat kegagalan yang terpilih untuk ketiga jenis cacat. Rancangan perbaikan disesuaikan dengan kegagalan yang terpilih, sehingga terdapat 4 rekomendasi perbaikan. Setiap rancangan perbaikan berikut dapat diimplimentasikan untuk ketiga jenis cacat.

##### 4.3.2.1 Desain *Windshield* untuk *Furnace*

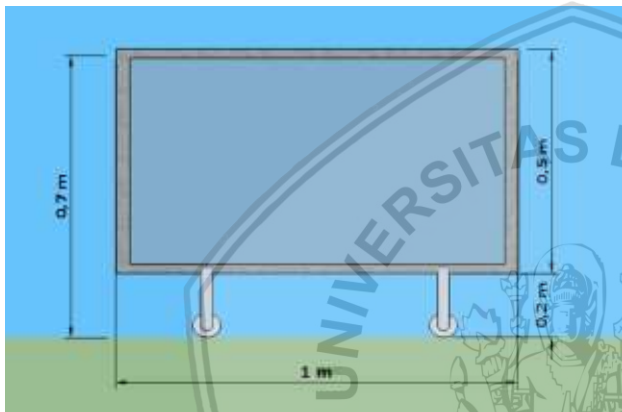
Salah satu penyebab kegagalan yang paling beresiko adalah adanya angin yang menyebabkan logam cair membeku sebelum proses pengecoran. Angin dapat masuk ke dalam ruang produksi karena kondisi ruangan produksi yang terbuka pada bagian dindingnya. Angin tersebut mengenai permukaan logam cair yang berada pada *furnace*. *Furnace* merupakan bak yang menampung logam cair dari proses peleburan. Logam cair yang telah siap untuk masuk ke dalam cetakan diambil dari *furnace*. Jika permukaan logam cair pada *furnace* membeku, maka bagian tersebut akan ikut masuk kedalam cetakan. Oleh karena itu, dibutuhkan alat untuk melindungi logam cair pada *furnace* dari angin.



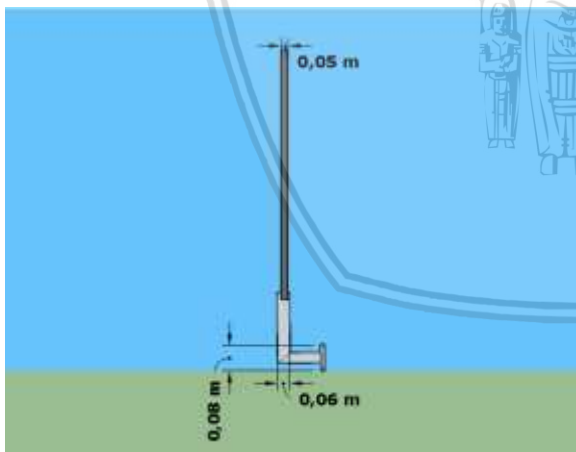
## 1. Desain dan ukuran



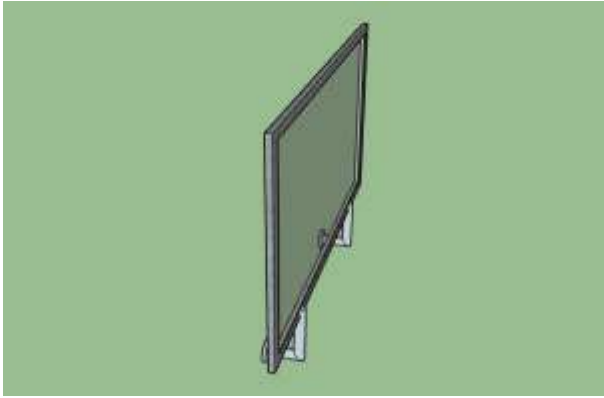
Gambar 4.33 Furnace windshield tampak atas



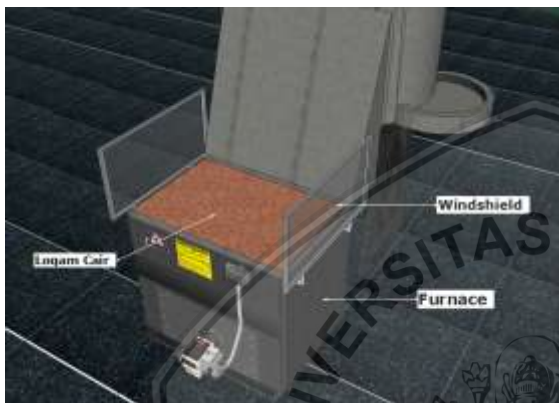
Gambar 4.34 Furnace windshield tampak depan



Gambar 4.35 Furnace windshield tampak samping



Gambar 4.36 Furnace windshield tampak 3 dimensi



Gambar 4.37 Aplikasi furnace windshield

## 2. Bahan dan sifat bahan

### a. Kaca keramik

Bahan yang digunakan untuk membuat *furnace windshield* adalah kaca keramik. Kaca keramik adalah jenis kaca khusus yang tahan pada suhu tinggi. Kaca keramik biasa digunakan untuk *wave soldering*, oven, dan perapian. Untuk lebih rinci, berikut ini sifat bahan kaca keramik dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15

Sifat Bahan Kaca Keramik

<b>Kekuatan mekanis</b>	<b>Densitas</b>	<b>Elastisitas</b>	<b>Kuat Tekuk</b>
	2,6 g/cm <sup>3</sup>	93×10 <sup>3</sup> Mpa	35 Mpa
<b>Kemampuan termodinamis</b>	<b>Rata-rata koefisien ekspansi termal</b>	<b>Perbedaan suhu identik</b>	<b>Ketahanan perubahan termal</b>
	(20-800°C); (0±0,5) × 10 <sup>-6</sup> /K	≤ 760°C	0°C – 760°C
<b>Suhu dan Waktu pemakaian</b>	<b>Suhu pemakaian</b>	<b>Waktu pemakaian kontinyu</b>	
	560°C	20000 jam	
	610°C	9000 jam	
	660°C	4500 jam	
	710°C	1200 jam	
	760°C	500 jam	

Sumber: Montazerian, Zanotto, dan Singh (2015)

b. Baja

Pada bagian pinggir kaca, terdapat rangka yang berfungsi menghubungkan kaca dengan *furnace*. Bagian ini akan menempel langsung pada badan *furnace*, oleh karena itu diperlukan bahan yang lebih tahan panas. Bahan yang digunakan untuk bagian rangka adalah baja tahan panas (*heat resistant steel*). Baja tahan panas termasuk pada klasifikasi *low carbon steel*. Baja dapat menahan panas sampai dengan suhu 1000°C Kemampuan baja dalam hal ketahanan panas dapat ditingkatkan dengan tambahan unsur nikel dan kromium.

3. Biaya

Rincian biaya yang perlu dikeluarkan untuk *furnace windshield* terdiri dari:

- a. Biaya material: Rp 1.960.000
- b. Biaya pengiriman material: Rp 750.000
- c. Biaya pembuatan: Rp 1.500.000

Maka, biaya perkiraan yang perlu dikeluarkan adalah sebesar Rp 4.210.000

#### 4.3.2.2 Training Resmi Untuk Pekerja

Operasi yang terdapat pada proses pengecoran bersifat semi otomatis. Beberapa proses masih dilakukan secara manual, sehingga faktor keterampilan pekerja sangat mempengaruhi keberhasilan proses pengecoran. Salah satu penyebab kegagalan paling beresiko yaitu kurangnya keterampilan pekerja. Latihan keterampilan pekerja dilakukan pada awal masa kerja untuk membekali pekerja dalam mengerjakan operasi yang terdapat pada proses pengecoran. Pelatihan pekerja dilakukan oleh *foreman* dari department *casting*. *Foreman* adalah orang yang mengendalikan material, pekerja, dan mesin yang terdapat di proses pengecoran. Seorang *foreman* bertugas memimpin grup pekerja, yang diharapkan paling memahami hal-hal terkait proses pengecoran. Pelatihan di awal masa kerja terbukti kurang mampu dalam menghasilkan sumber daya manusia yang benar-benar terampil dalam melaksanakan pekerjaannya. Oleh karena itu, diperlukan *training* yang bersifat resmi dan terstandarisasi untuk mencapai peningkatan kualitas sumber daya manusia. Berdasarkan keterampilan yang bersifat kritis terhadap keberhasilan proses pengecoran, yaitu keterampilan terkait proses pendinginan dan proses *coating*, maka terdapat dua rekomendasi *training* sebagai berikut:

# 1. Training pendinginan casting

## a. Training syllabus

**Training Syllabus:**  
**METALLURGY IN CASTING PROCESS**

**Pendahuluan**  
Proses pengecoran logam adalah satu proses pembuatan produk logam dengan cara mencairkan logam dalam tungku peleburan, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dilakukan pendinginan sampai logam cair membeku. Produk yang dihasilkan biasanya memiliki bentuk yang rumit dan menggunakan cetakan, sehingga dapat menunjang produksi massal. Proses pengecoran tidak terlepas dari sifat dari logam material yang digunakan. Sifat-sifat logam mempengaruhi bagaimana proses pengecoran berjalan. Untuk mendukung sistem produksi yang memadai, diperlukan tenaga kerja yang handal atau peningkatan keahlian tenaga kerja.

**Tujuan**  
Pelatihan ini bertujuan:

1. Memahami proses pengecoran dan metalurgi secara teoritis dan praktis.
2. Memberikan pengetahuan mendalam tentang proses casting kontinyu.

**Outline Materi Training**

1. Gravity casting
2. Desain mould dan operasi – heat transfer dan mould powders
3. Siklus termal
4. Pendinginan – teori dan praktik
5. Casting metallurgy
6. Cacat produk

**Instruktur Training:** Ir. Y. Agus Jayatun, MT.,IPP. Dan tim  
Ia adalah lulusan teknik mesin UGM yang saat ini bekerja di STTNAS Yogyakarta. Ia memiliki pengalaman sebagai instruktur untuk training di bidang *total alignment and balancing, casting operation and maintenance, mechanical power transmission*, serta berbagai training serupa.

**Durasi Training:** 3 hari

**Fasilitas**

1. Modul training
2. Sertifikat
3. Alat tulis
4. Flash disk berisi materi training
5. Coffeebreak
6. Instruktur training terqualifikasi

**Biaya**  
Rp 5.000.000 – Rp 5.450.000 per orang

Gambar 4.38 Silabus Training Metallurgy In Casting Process

## b. Sasaran training

Training Metallurgy in Casting Process ditujukan untuk *foreman* pada Departemen Casting. *Foreman casting* adalah orang yang bertanggungjawab untuk mengendalikan hal-hal terkait proses pengecoran untuk menghasilkan produk pengecoran yang sesuai spesifikasi. Setelah mengikuti *training* ini, *foreman* diharapkan dapat melatih operator-operator *casting* untuk lebih terampil dan memahami proses *casting*. Sehingga, proses pengecoran dapat menghasilkan produk yang lebih baik. Jumlah *foreman* pada Departemen Casting adalah sebanyak 11 orang.

c. Jumlah biaya *training*

Perkiraan biaya *training* yang perlu dikeluarkan adalah sebesar Rp 5.000.000 – Rp 5.450.000 per orang. Perkiraan banyak *foreman* yang akan mengikut *training* adalah satu orang *foreman* yang dianggap paling mampu untuk membagikan kembali ilmu yang telah didapat dari *training*. Jumlah biaya yang diperlukan perusahaan untuk *training* satu orang *foreman* adalah Rp 5.000.000 – Rp 5.450.000.

2. *Training* proses *coating*

a. *Training syllabus*

**Training Syllabus:**  
**SPRAY COATING**

**Pendahuluan**

*Spray coating* merupakan teknik pelapisan yang baik dibandingkan proses pelapisan lainnya. *Spray coating* adalah teknik pelapisan dengan menggunakan pistol semprot yang dapat melepaskan material pelapis ke permukaan objek dengan tekanan gas. Teknik pelapisan ini menjadi solusi untuk masalah suhu tinggi, perlindungan termal, serta korosi. Teknologi *spray coating* telah digunakan dalam berbagai industri, antara lain industri elektronik, logam, hingga luar angkasa.

**Tujuan**

Pelatihan ini bertujuan:

1. Memberikan landasan menyeluruh dan pemahaman tentang proses *spray coating*.
2. Menyajikan konsep ilmiah yang kompleks dalam bentuk yang lebih sederhana.
3. Mengintegrasikan pengetahuan dengan aplikasi praktis.

**Outline Materi Training**

1. *Spray coating introduction*
2. Pre-spray treatment
3. Teknik *spraying*
4. Material yang digunakan untuk *spraying*
5. Post-spray treatment
6. Metode *coating* berdasarkan karakter
7. Peralatan *coating*
8. Aplikasi *coating*
9. Keamanan dan bahaya

**Instruktur Training:** Dr. Eng. Budi Prawara  
Ia adalah lulusan University of Ryukyus Japan jurusan *material engineering* program doktor. Ia bekerja sebagai peneliti di *research center of electric power and mechanics* – LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) dan menjabat sebagai kepala subdivisi fasilitas mekatronika. Ia telah berpengalaman dalam hal *training* dengan topik *spray coating* hingga *heat treatment*.

**Durasi Training:** 4 hari

**Fasilitas**

1. Modul *training*
2. Sertifikat
3. Alat tulis
4. Flash disk berisi materi *training*
5. *Coffeebreak*
6. Instruktur *training* terakreditasi

**Biaya**  
Rp 5.450.000 – Rp 6.000.000 per orang

Gambar 4.39 Silabus *Training Spray coating*



b. Sasaran *training*

*Training spray coating* ditujukan untuk karyawan dengan jabatan *foreman* Departemen *Casting*. Melalui *training* ini diharapkan *foreman* dapat memahami dan mengendalikan proses pengecoran dengan lebih baik. Selain itu, diharapkan *foreman* juga melatih operator-operator *casting* menjadi lebih terampil. Jumlah *foreman* pada Departemen *Casting* yang diharapkan dapat mengikuti *training* ini adalah sebanyak 11 orang.

c. Jumlah biaya *training*

Perkiraan biaya *training* yang perlu dikeluarkan adalah sebesar Rp 5.450.000 – Rp 6.000.000 per orang. Perkiraan banyak *foreman* yang akan mengikut *training* adalah satu orang *foreman* yang dianggap paling mampu untuk membagikan kembali ilmu yang telah didapat dari *training*. Jumlah biaya yang perlu dikeluarkan perusahaan untuk *training* satu orang *foreman* adalah Rp 5.450.000 – Rp 6.000.000.

#### 4.3.2.3 Penggunaan *Temperature Controller System*

Suhu ruang produksi mempengaruhi proses pengecoran. Jika suhu ruang produksi tidak stabil, maka proses produksi juga akan menjadi tidak stabil. Suhu ruang produksi pada perusahaan ini dipengaruhi oleh suhu di luar ruangan karena kondisi ruang produksi yang terbuka. Suhu di luar ruangan produksi merupakan faktor yang tidak terkendali karena faktor alam. Oleh karena itu, untuk masalah suhu ruang produksi yang tidak stabil dapat diatasi dengan penggunaan *temperature controller system*. Sistem ini berfungsi untuk mengatur suhu ruangan secara otomatis, sehingga suhu ruangan dapat terkendali sesuai dengan pengaturan pada sistem. Untuk lebih memahami aplikasi sistem ini, berikut ini penjelasan terkait *temperature controller system*.

1. Prinsip kerja

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Emmanuele C. (2011), sistem ini terinspirasi dari cara tubuh manusia mengatur suhu tubuh secara berkelanjutan. Sistem menaikkan dan menurunkan suhu tubuh ketika terlalu dingin atau terlalu panas. *Temperature controller system* bergantung pada *control* unit yang akan menerima hasil pembacaan suhu dari sensor suhu. Kemudian, sistem ini memiliki ketetapan suhu yang optimal sesuai dengan kebutuhan kegunaannya, yang disebut pembanding atau set point. Set point diprogram pada *control* unit, untuk aplikasi pada PT. Meshindo Alloy Wheel suhu ruangan yang diharapkan yaitu 31°C – 34°C. Ketika thermostat dinyalakan, sensor suhu external akan membaca suhu dan mengirimkannya ke *control* unit. *Control* unit

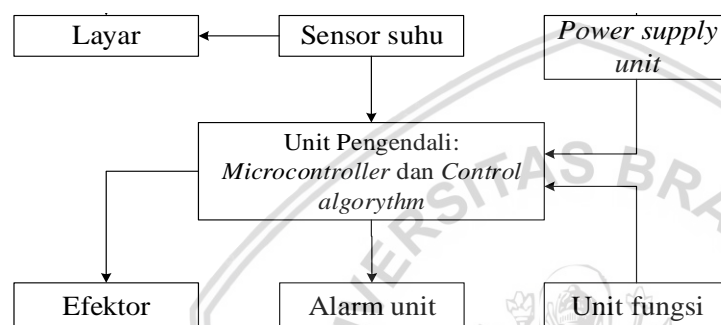


yang telah menerima status suhu dari sensor suhu akan membandingkannya dengan set point. Jika terjadi perbedaan suhu diluar ketentuan pada program, maka *control* unit akan mengirimkan sinyal ke efektor. Efektor bekerja sesuai kompleksitas algoritma sistem dan tergantung pada kondisi yang terjadi.

Tindakan-tindakan yang akan dilakukan efektor antara lain:

- a. menyalakan/mematikan sistem pemanas
- b. menyalakan/mematikan sistem pendingin

Untuk lebih jelas bagaimana *temperature controller system* bekerja, akan digambarkan pada diagram berikut ini.



Gambar 4.40 Cara Kerja *Temperature Controller System*

Sumber: Emmanuel C. (2011)

## 2. Keuntungan

- a. Menghemat energi dan biaya dengan menjaga suhu yang dapat mempengaruhi proses produksi.
- b. Mengurangi bahaya akibat ketidaksesuaian suhu pada sistem produksi.
- c. Mengurangi pengaruh faktor-faktor tidak terkendali pada proses produksi yang mempengaruhi suhu, seperti cuaca dan waktu siang atau malam.

## 3. Kekurangan




- a. Biaya semakin mahal tergantung pada fleksibilitas operasional dan akurasi yang dihasilkan oleh sistem.
- b. Semakin rumit sistem, maka instalasi akan semakin sulit.
- c. Untuk mampu bekerja optimal pada bidang industri yang memiliki kondisi suhu tidak stabil, diperlukan sistem yang efisien dengan akurasi dan fleksibilitas yang sangat baik.

## 4. Bentuk dan Fitur

Bentuk dan fitur *temperature controller system* bersifat *custom* atau dirancang menyesuaikan dengan fungsi yang dibutuhkan pada proses produksi di perusahaan. Saat ini telah terdapat bentuk dan fitur *temperature controller system* yang berbeda-beda.

Bentuk dan fitur yang telah ada saat ini dapat menjadi pertimbangan maupun alternatif dalam menentukan *temperature controller system* yang ingin dirancang. Beberapa alternatif bentuk dan fitur *temperature controller system* dijelaskan pada Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4.16  
Bentuk dan fitur *Temperature Controller System*

Bentuk	Fitur
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Memiliki komponen yang kuat untuk aplikasi industri</li> <li>b. Mampu mengontrol suhu industri yang ekstrim dengan algoritma PID</li> <li>c. Sistem terkomputerisasi yang dapat menghemat biaya dan waktu pembuatan</li> <li>d. Mudah disesuaikan untuk aplikasi yang kompleks</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Memiliki banyak input dan output</li> <li>b. Fungsi alarm dapat diprogram</li> <li>c. Akurasi pengukuran suhu yang tinggi</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Pengendalian dingin/panas</li> <li>b. Tahan air dan tahan debu</li> <li>c. Alarm suhu</li> </ul>

Sumber: Durex Industries

#### 4.3.2.4 Perbandingan Biaya Kerugian dan Biaya Perbaikan

Biaya kerugian yang dialami oleh PT. Meshindo Alloy Wheel karena produk cacat dari *wheel* MS 626 akan dihitung dengan mempertimbangkan aspek biaya proses di Departemen *Casting*. Biaya proses *casting* adalah biaya yang digunakan untuk memproses satu unit produk pada proses *casting*. Besarnya kerugian tersebut dihitung berdasarkan jumlah produk cacat dari *wheel* tipe MS 626 pada periode Oktober 2017 – Maret 2018 dikali dengan biaya proses di Departemen *Casting*. Berikut ini perhitungan biaya kerugian akibat produk cacat pada proses *casting* selama Oktober 2017 – Maret 2018:

Biaya kerugian =  $\text{Rp } 29.000 \times 1482 \text{ unit} = \text{Rp } 42.978.000$

Rekomendasi perbaikan yang telah diberikan merupakan tindakan preventif untuk penyebab cacat. Dengan diterapkannya rekomendasi perbaikan yang telah diberikan, diharapkan penyebab cacat dapat dicegah dan jumlah produk cacat dapat berkurang. Penerapan rekomendasi perbaikan ini membutuhkan biaya dengan estimasi sebesar Rp 14.660.000 – Rp 15.660.000. Biaya estimasi tersebut berasal dari perkiraan biaya *training Metallurgy In Casting Process*, *training Spray Coating*, dan *furnace windshield*.

Biaya kerugian dan biaya perbaikan adalah kedua biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. Jika kedua biaya tersebut dibandingkan, biaya kerugian produk cacat dari aspek proses lebih besar daripada biaya perbaikan yang mungkin dikeluarkan perusahaan untuk mengurangi jumlah produk cacat. Dilihat dari segi dampak biaya tersebut pada perusahaan,

biaya perbaikan memungkinkan terjadinya pengurangan produk cacat, sedangkan biaya kerugian merupakan biaya yang hilang. Dengan mengeluarkan biaya estimasi perbaikan sebesar Rp 14.660.000 – Rp 15.660.000 diharapkan biaya kerugian sebesar Rp 42.978.000 dapat berkurang. Dalam jangka waktu panjang, penghematan biaya kerugian akan semakin besar, bahkan dapat melebihi biaya yang dikeluarkan untuk perbaikannya. Oleh karena itu, rekomendasi perbaikan ini layak untuk dipertimbangkan oleh pihak perusahaan.

#### 4.4 Pembahasan

Masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah besarnya jumlah produk cacat yang dihasilkan oleh sebuah pabrik *wheel*, yaitu PT. Meshindo Alloy Wheel. Jumlah produk cacat terbanyak terjadi pada salah satu proses pembuatan *wheel* yaitu pengecoran. Penelitian ini berfokus pada satu produk yang bersifat kontinyu, yaitu *wheel* tipe MS 626. Produk cacat yang terjadi untuk *wheel* tipe MS 626 di Departemen *Casting* adalah sebesar 11,2%. Masalah tersebut menyebabkan kerugian bagi perusahaan.

Kerugian yang dialami perusahaan tidak benar-benar disadari oleh perusahaan. Banyaknya produk dan jumlah produksinya menjadi salah satu penyebab perusahaan tidak menyadari besarnya kerugian yang dialami. Terkait hal tersebut, perusahaan belum memiliki penanganan yang efektif untuk mengatasi masalah tersebut.

Metode *six sigma* yang dilakukan yaitu menggunakan siklus DMAI. Dengan metode ini, diharapkan perusahaan dapat meningkatkan kualitas produk. terkait dengan kerugian akibat produk cacat, *Six Sigma* dapat membantu perusahaan menuju *zero defect*. Penelitian ini dimulai dengan pendefinisian masalah dengan menentukan *critical to quality*. *Critical to quality* pada produk yaitu bagian utama produk tercetak sempurna dan produk memiliki kerapatan yang sempurna. Berdasarkan CTQ yang telah ditentukan, maka dilakukan identifikasi cacat pada produk. Cacat yang terdapat pada *wheel* MS 626 terdiri dari beberapa jenis cacat yaitu bocor, retak, susut *rim*, susut *spoke*, susut *hub*, dan susut *face*. Pada perusahaan, karakteristik yang dinilai kritis adalah karakteristik yang terkait dengan keselamatan pengguna. Jenis cacat bocor, retak, susut *rim*, susut *spoke*, susut *hub*, dan susut *face* dapat mempengaruhi keselamatan pengguna kendaraan. Jika *wheel* bocor atau retak, ban dengan jenis *tubeless* tidak dapat menahan udara dengan baik, tentunya hal tersebut berbahaya bagi pengendara. Untuk jenis cacat susut *rim*, susut *spoke*, susut *hub*, dan susut *face*, dapat mempengaruhi kekuatan *wheel* ketika menahan beban kendaraan. Namun, pada penelitian ini yang akan dibahas lebih lanjut adalah jenis cacat yang bersifat kritis dan paling sering terjadi. Analisis pareto dilakukan untuk melihat jenis cacat yang dominan.

Berdasarkan analisis pareto, diketahui bahwa jenis cacat yang dominan adalah susut *spoke*, susut *rim*, dan susut *face*.

Sebelum memperbaiki kualitas proses dan produk, perlu diketahui keadaan proses dan produk sebelumnya. Hal ini dapat diketahui dengan melakukan pengukuran terhadap proses dan produk. Pengukuran atas proses dan produk dilakukan dengan menggunakan pengendalian proses statistik. Untuk melihat kestabilan proses dan variasi produk hasil dari proses tersebut, dibuatlah peta kontrol P untuk data atribut. Melalui peta kontrol P, dapat dilihat jumlah observasi yang berada di dalam dan di luar batas kendali. Pada jenis cacat susut *spoke*, terdapat 2 observasi yang berada di luar batas kendali. Pada jenis cacat susut *face*, terdapat 3 observasi yang melebihi batas kendali. Pada jenis cacat susut *rim*, terdapat 4 observasi yang berada di luar batas kendali. Berdasarkan persebaran nilai pada peta kendali tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses masih kurang stabil. Hal tersebut dipengaruhi oleh proses pengecoran yang bersifat semi otomatis, banyak pengerjaan yang masih dilakukan secara manual.

Selain melihat kestabilan proses produksi, dilakukan pula pengukuran atas produk yang dihasilkan dengan menghitung nilai DPMO. Nilai DPMO untuk jenis cacat susut *spoke* yaitu sebesar 29.326. Nilai DPMO untuk jenis cacat susut *rim* yaitu sebesar 10.293. Nilai DPMO untuk jenis cacat susut *face* yaitu sebesar 15.766. nilai DPMO menunjukkan besarnya kesempatan terjadi cacat produk dalam setiap satu juta produk. Besarnya nilai DPMO ini dipengaruhi oleh proses pengecoran yang kurang stabil. Proses pengecoran yang tidak stabil, menyebabkan variasi produk yang besar.

Level sigma dihitung untuk mengetahui pencapaian kualitas proses pada perusahaan. Level sigma untuk jenis cacat susut *spoke* yaitu 3,39. Level sigma untuk jenis cacat susut *rim* yaitu 3,82. Level sigma untuk jenis cacat susut *face* yaitu 3,65. Selain itu, dilakukan pula perhitungan kapabilitas proses. Pada jenis cacat susut *spoke*, didapatkan hasil kapabilitas proses bernilai 1,130. Pada jenis cacat susut *rim*, didapatkan hasil kapabilitas proses bernilai 1,272. Pada jenis cacat susut *face*, didapatkan hasil kapabilitas proses bernilai 1,217. Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses cukup mampu, meskipun masih kurang baik dan perlu peningkatan kualitas.

Untuk mengetahui secara aktual besarnya kerugian yang dialami perusahaan, maka perlu dilakukan analisis atas biaya kerugian karena produk cacat. Total biaya kerugian akibat produk MS 626 yang cacat pada Departemen *Casting* yaitu sebesar Rp 42.978.000 selama 6 bulan. Biaya tersebut dihitung berdasarkan biaya proses pada Departemen *Casting*. Sedangkan, pada perusahaan masih terdapat kerugian—kerugian lain yang dialami, seperti

kehilangan pelanggan, berkurangnya kesempatan penjualan, berkurangnya kepercayaan pelanggan atas kualitas produk perusahaan. Jumlah tersebut adalah biaya kerugian yang besar, oleh karena itu perlu diketahui penyebab terjadinya cacat produk agar dapat ditangani dengan baik.

Analisis penyebab cacat dilakukan menggunakan diagram sebab akibat yang berguna untuk mengetahui akar penyebab cacat. Analisis akar penyebab dilakukan pada faktor mesin, manusia, metode, dan lingkungan dari masing-masing jenis cacat. Faktor-faktor tersebut adalah hal-hal yang ada pada ruang produksi, khususnya Departemen *Casting*, yang secara langsung mempengaruhi proses pengecoran.

Analisis potensi kegagalan dilakukan menggunakan FMEA. Melalui analisis FMEA, dapat diketahui prioritas potensi kegagalan yang paling beresiko. FMEA menghasilkan beberapa potensi kegagalan yang paling beresiko, yaitu pekerja kurang teliti memberi *coating* dengan RPN sebesar 384, pekerja keliru menentukan waktu pendinginan dengan RPN 448, logam cair terkena angin dengan RPN 567, dan suhu ruang produksi yang tidak stabil dengan RPN 405. Kedua faktor pekerja memiliki nilai RPN yang tinggi karena pada proses pengecoran, pekerja berperan sangat besar terhadap hasil pengecoran. Sedangkan, untuk faktor lingkungan, nilai RPN yang tinggi disebabkan karena pada perusahaan belum ada suatu penanganan khusus untuk mengurangi maupun menghilangkan pengaruh lingkungan terhadap kondisi tersebut.

Rekomendasi perbaikan atas penyebab-penyebab terjadinya cacat produk ditentukan dengan menyesuaikan faktor penyebab dan kondisi nyata di ruang produksi. Rekomendasi perbaikan untuk logam cair yang terkena angin yaitu perancangan desain *windshield* pada *furnace*. *Windshield* pada *furnace* berfungsi untuk menahan angin mengenai permukaan logam dari sisi-sisi ruang produksi yang terbuka. Keterbatasan pada alat ini yaitu tidak dapat menutupi seluruh sisi *furnace* karena diperlukannya ruang untuk pengambilan logam cair.

Rekomendasi perbaikan untuk pekerja yang keliru menentukan waktu pendinginan adalah *training* mengenai *metallurgy in casting process* dan *spray coating*. Pelatihan ini diperlukan karena pemahaman terhadap pendinginan didasari oleh pemahaman terhadap metalurgi pada proses *casting*. Biaya yang perlu Kemudian, untuk pelatihan *spray coating* diperlukan karena proses *coating* dilakukan secara manual. Selain itu, rekomendasi perbaikan untuk suhu ruang produksi yang tidak stabil adalah penerapan *Temperature controller system*. Sistem ini membantu mengendalikan suhu ruang produksi yang tidak stabil akibat pengaruh dari luar ruangan produksi yang tidak dapat diprediksi.



## BAB V PENUTUP

Serangkaian prosedur penelitian, pengolahan data, analisis, dan rekomendasi perbaikan telah selesai dilakukan. Pembahasan mengenai hal-hal tersebut telah dikemukakan pada bab-bab sebelumnya. Pada bab ini, sebagai penutup dari tulisan, maka akan dikemukakan hasil dari penelitian secara singkat dan menyeluruh.

### 5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini akan dikemukakan dalam kesimpulan. Kesimpulan yang dipaparkan adalah hal-hal yang menjawab rumusan masalah. Berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. *Critical to quality* merupakan karakteristik yang sangat penting dan utama untuk dipenuhi. Karakteristik ini dapat ditentukan oleh perusahaan maupun pelanggan. *Critical to quality* pada produk *wheel* MS 626 ditentukan oleh PT. Meshindo Alloy Wheel berdasarkan kebutuhan pelanggan. Karakteristik yang merupakan CTQ yaitu bagian utama produk tercetak sempurna dan produk memiliki kerapatan yang sempurna. untuk CTQ bagian utama produk tercetak sempurna terdapat 4 spesifikasi, yaitu tidak susut pada bagian *hub*, tidak susut pada bagian *spoke*, tidak susut pada bagian *rim*, dan tidak susut pada bagian *face*. Untuk CTQ produk memiliki kerapatan yang sempurna terdapat 2 spesifikasi, yaitu tidak bocor dan tidak retak.
2. DPMO adalah nilai yang menunjukkan kesempatan terjadinya cacat pada tiap satu juta produk yang dihasilkan oleh proses produksi. DPMO dihitung untuk masing-masing jenis cacat yang terpilih sebagai cacat dominan. DPMO jenis cacat susut *spoke*, susut *rim*, susut *face* adalah 29.326, 10.293, dan 15.766. Berdasarkan nilai DPMO, dapat ketahu level sigma nya. Level sigma untuk jenis cacat susut *spoke*, susut *rim*, susut *face* adalah 3,39, 3,82, 3,65.
3. Kapabilitas proses dihitung berdasarkan level sigma yang telah diketahui sebelumnya untuk masing-masing jenis cacat. Kapabilitas proses untuk jenis cacat susut *spoke*, susut *rim*, susut *face* yaitu 1,130, 1,272, dan 1,217. Rata-rata nilai kapabilitas proses yaitu 1,206. Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses cukup mampu meskipun masih kurang baik, sehingga diperlukan peningkatan kualitas.



4. Dalam mengetahui penyebab terjadinya cacat produk digunakan *root cause analysis* dan untuk mengetahui potensi kegagalan pada proses pengecoran dilakukan dengan *failure mode effect analysis*. Berdasarkan *root cause analysis* menggunakan *fishbone diagram*, diketahui bahwa penyebab terjadinya masing-masing cacat terdiri dari beberapa faktor yaitu manusia, mesin, metode, dan lingkungan. Dari faktor mesin, terdapat beberapa penyebab cacat, yaitu saluran pendinginan tersumbat, cetakan tidak menyerap panas dengan baik, serta mesin bergerak lambat. Dari faktor manusia, terdapat dua penyebab cacat yaitu pekerja kurang teliti dalam pemberian *coating* dan pekerja keliru menentukan waktu pendinginan untuk. Dari faktor metode, terdapat dua penyebab cacat yaitu ketebalan *coating* tidak tepat dan standar waktu pendinginan tidak sesuai dengan kondisi produksi. Dari faktor lingkungan, terdapat dua penyebab cacat yaitu suhu ruang produksi berubah-ubah dan angin mengenai logam cair. Kemudian, berdasarkan *failure mode effect analysis* dapat diketahui potensi kegagalan, dampak potensi kegagalan, dan penyebab potensi kegagalan. Potensi kegagalan yang dapat terjadi pada proses pengecoran dianalisa kemudian dilakukan pemeringkatan untuk kriteria *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Kriteria-kriteria tersebut menghasilkan nilai *risk priority number* (RPN), yang merupakan prioritas resiko potensi kegagalan. Hasil akhir dari FMEA yaitu prioritas potensi kegagalan dengan nilai  $RPN \geq 300$ . Potensi kegagalan yang termasuk prioritas yaitu logam cair terkena angin dengan RPN 567, pekerja keliru menentukan waktu pendinginan dengan RPN 448, suhu ruang produksi tidak stabil dengan RPN 405, dan pekerja kurang teliti memberi *coating* dengan RPN 384.
5. Rekomendasi perbaikan merupakan rencana perbaikan yang dapat dilakukan oleh perusahaan dalam upaya peningkatan kualitas produk *wheel* tipe MS 626. Rekomendasi perbaikan diberikan sesuai dengan penyebab cacat dan potensi kegagalan paling beresiko dalam proses pengecoran. Rekomendasi perbaikan untuk logam cair yang terkena angin adalah rancangan desain *windshield* untuk bagian *furnace*. Alat ini berfungsi untuk melindungi logam cair pada *furnace* dari angin yang berhembus dari luar ruangan produksi ke dalam ruang produksi. Rekomendasi perbaikan untuk pekerja yang keliru menentukan waktu pendinginan adalah *training metallurgy in casting process*. Dengan pelatihan ini diharapkan pekerja dapat lebih memahami prinsip-prinsip metalurgi yang berhubungan dengan proses pendinginan. Rekomendasi perbaikan untuk suhu ruang produksi yang tidak stabil yaitu penerapan *temperature controller system*. Sistem tersebut membantu menstabilkan suhu ruang produksi yang dapat berubah sewaktu-waktu akibat cuaca dari luar ruangan serta waktu siang dan malam. Rekomendasi perbaikan untuk pekerja kurang

teliti dalam memberi *coating* adalah *training spray coating*. Melalui training ini diharapkan pekerja dapat lebih terampil secara praktik dan juga memahami teori *coating*.

## 5.2 Saran

Saran yang diberikan sebagai penyempurna yang bersifat berkelanjutan bagi penelitian dan penerapan dari penelitian ini, dikemukakan sebagai berikut:

1. Penelitian dilanjutkan hingga tahap *control* untuk dapat mengukur peningkatan kualitas yang dihasilkan.
2. Rekomendasi perbaikan diharapkan dapat dipertimbangkan untuk diimplementasikan pada perusahaan.





Halaman sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin syukron, ST. MT. dan Ir. Muhammad Kholil, MT. *Six sigma: quality for business improvement*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Arikunto, Prof. Dr. Suharsimi. (2010). *Prosedur Penelitian “Suatu Pendekatan Praktik”*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Assauri, Sofjan. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: LPFEUI.
- Emmanuele C., Ogu. (2011). *Temperature Control System. Tesis*. Tidak dipublikasikan. Nigeria: Babcock University.
- Evans, James R. dan Lindsay, William M.. (2007). *An Introduction to Six Sigma*. Singapore: South-Western.
- Gaspersz, Vincent. (2002). *Pedoman implelementasi program six sigma terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP*.
- Haming, M., dan Mahmud Nurnajamuddin., 2011. *Manajemen Produksi: Modern Operasi Manufaktur dan Jasa*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Heine, Richard W., Loper, Carl R., dan Rosenthal, Philip C. (1967). *Principles of Metal Casting*. New York: McGraw-Hill
- Heizer, Jay dan Render, Barry. (2005). *Operation Manager 7<sup>th</sup> Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- McDermott, Robin E., Mikulak, Raymond J., Beauregard, Michael R.. *The basic of FMEA*. Florida: CRC Press
- Montazerian, Maziar, Zanotto, Edgar Dutra, dan Singh, Shiv Prakash. (2015). *An analysis of glass–ceramic research and commercialization*.
- Montgomery, Douglas C.. (2013). *Statistical Quality Control A Modern Introduction*. Singapore: John Wiley & Sons, Inc.
- Rakesh.R, Bobin Cherian Jos, George Mathew. (2013). *FMEA Analysis for Reducing Breakdowns of a Sub System in the Life Care Product Manufacturing Industry*. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT).
- Sugiyono. (2003). *Metode Penelitian Bisnis*. Edisi 1, Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2005). *Metode Penelitian Administrasi*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Pyzdek, Thomas, (2002) *The Six Sigma Handbook*. Jakarta: Salemba Empat.

P. Meghashyam, Naidu, S. Girivardhan and Baba, N. Sayed. (2013). *Design And Analysis Of Alloy Wheels*.

